

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

Diego Peixoto Vieira

**Caracterização Tecnológica das Rochas de
Monumentos e Prédios Históricos da Terra de
Noel – Vila Isabel, Rio de Janeiro, RJ**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Rio de Janeiro
2016

Diego Peixoto Vieira

**Caracterização Tecnológica das Rochas de
Monumentos e Prédios Históricos da Terra de
Noel – Vila Isabel, Rio de Janeiro, RJ**

Trabalho Final de Curso apresentado ao
Programa de Graduação em Geologia,
IGEO, da Universidade Federal do Rio de
Janeiro, como parte dos requisitos
necessários à obtenção do título de
Geólogo

Orientador: Kátia Leite Mansur

Orientador externo: Roberto Carlos da
Conceição Ribeiro

Rio de Janeiro
2016

Diego Peixoto Vieira

Caracterização Tecnológica das Rochas de Monumentos e Prédios Históricos da Terra de Noel – Vila Isabel, Rio de Janeiro, RJ/Diego Peixoto Vieira . – Rio de Janeiro , 2016 -

124p.: il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: Kátia Leite Mansur e Roberto Carlos da Conceição Ribeiro

Trabalho de Conclusão de Curso – **Universidade Federal do Rio de Janeiro**
Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza
Instituto de Geociências
Programa de Graduação em Geologia, 2016.

Diego Peixoto Vieira

Caracterização Tecnológica das Rochas de Monumentos e Prédios Históricos da Terra de Noel – Vila Isabel, Rio de Janeiro, RJ

Trabalho de conclusão de curso, submetido ao programa de Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como requisito necessário à obtenção de grau de Geólogo.

Área de concentração:

Geologia de Engenharia

Orientador(es):

Kátia Leite Mansur - UFRJ

Roberto Carlos da C. Ribeiro - CETEM

Aprovado em: 26 / 02 / 2016

Por:

Kátia Leite Mansur / Orientadora

Roberto Carlos da C. Ribeiro / Orientador Externo

Renato Rodriguez Cabral Ramos

Nuria Fernández Castro

UFRJ
Rio de Janeiro
2016

Com amor, a todos que me fizeram crescer de alguma forma e sempre me ensinam a me tornar uma pessoa melhor, em especial à minha família e amigos.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer primeiramente a minha família, meus irmãos Bruno, Christian e Thiago, ao meu pai Antonio Paulo e a minha mãe Teresa Cristina pelo apoio sempre presente, pela dedicação e educação que me proporcionaram a base de tudo que eu realizei. Agradeço também à minha madrastra Vanda pela ajuda com o trabalho.

Ao meu noivo Tyler Colangelo, que mesmo à distância acompanhou cada etapa da execução deste trabalho dando conselhos, incentivo e sendo a razão de todo o trabalho duro envolvido.

Aos orientadores Kátia Leite Mansur e Roberto Carlos da Conceição Ribeiro, pela atenção dada, o conhecimento compartilhado, e a orientação fornecida para a confecção deste trabalho.

À Amanda Menezes Ricardo, que foi imprescindível dividindo seu conhecimento e estando sempre disposta a ajudar em todas as etapas desta monografia.

Ao professor Emílio Velloso Barroso e ao Mestrando Daniel Souza dos Santos, pelo empréstimo de material, auxílio em ensaios e com o processo de obtenção de resultados.

Ao CETEM, pela infraestrutura, pelo apoio, equipamentos cedidos e análises realizadas, sem os quais a dissertação não teria se viabilizado.

Aos amigos Ryan Pacheco, Pedro Henrique Calçada, Pyter Arêas, Felipe Cunha e Ana Carolina Diniz, que estiveram sempre presentes, dividindo momentos bons e ruins e sendo grandes responsáveis pelo meu amadurecimento.

Às amigas Beatriz Sabino, Paula Pinel, Raisia Costa e Joana Alencar, pela amizade surgida na geologia e que será levada para a vida toda.

Aos professores do Departamento de Geologia da UFRJ e colegas de classe da turma de 2010, pelos ensinamentos diretos e indiretos na geologia e no meu crescimento pessoal.

À todos os envolvidos direta ou indiretamente na confecção deste trabalho, que de alguma forma forneceram conhecimento ou qualquer tipo de ajuda.

Resumo

Caracterização Tecnológica das Rochas de Monumentos e Prédios Históricos da Terra de Noel — Vila Isabel, Rio de Janeiro, RJ

Diego Peixoto Vieira

Orientadores: Kátia Leite Mansur e Roberto Carlos da Conceição Ribeiro

Resumo do trabalho de conclusão de curso submetido ao Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Rio de Janeiro — UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Geólogo.

As alterações das rochas são fenômenos naturais que ocorrem com rochas *in situ* ou *ex situ*, podendo ser influenciados e acelerados pela ação antrópica. Com a utilização das rochas como material de cantaria pelo homem, estes processos de intemperismo das rochas passaram a sofrer influência antrópica através da poluição e depredação, se fazendo necessário o conhecimento e a valorização da geodiversidade a fim de promover a geoconservação de monumentos naturais e históricos. No bairro de Vila Isabel, rochas como o gnaisse facoidal, granito, basalto e calcário, presentes no Monumento de Noel Rosa, na Basílica Nossa Senhora de Lourdes, no Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda e nas Calçadas Musicais de pedras portuguesas, são afetadas por estes processos intempéricos. Este trabalho tem por objetivo fazer um levantamento sobre: a história destes importantes monumentos para o bairro; as rochas que os compõem; e as suas características tecnológicas. Assim, por meio do uso de equipamentos portáteis e métodos não-destrutivos, foram realizados diferentes tipos de trabalhos de campo para analisar as condições das rochas dos monumentos, tais como o mapeamento de danos, a medição da colorimetria, dureza, velocidade de ondas ultrassônicas, análise química da composição das rochas pelo método de FRX, análise química das águas de lavagem e ensaio de absorção de água com tubo de Karsten. O resultado dos ensaios evidenciou a influência danosa do desenvolvimento urbano nos monumentos, através de alterações que ocorrem de forma natural e por atividade antrópica. Foi observada a ocorrência de alteração cromática amarelada devido a ação da água, que mancha a rocha e acelera a alteração de minerais ferro magnesianos, a deposição de enxofre liberado pela queima de combustíveis de veículos, a deposição de sais que podem ser oriundos da ascensão por capilaridade de águas subterrâneas salobras e/ou por *spray* marinho, parafina de vela, grafite e perdas de massa causadas por dano físico, estando ou não restaurada. Concluiu-se que estas alterações são causadas majoritariamente pela atividade antrópica, e que, logo, se faz necessária uma educação patrimonial da população. Assim, este trabalho visa contribuir para o conhecimento de degradação de monumentos históricos e suas possíveis causas, difundindo a geociência através da geoconservação.

Palavras-chave: Alterabilidade de rochas, geoconservação, gnaisse facoidal, granito.

Abstract

Technological Characterization of the Rock of the Monuments and Historical Building from Noel's Area —Vila Isabel, Rio de Janeiro, RJ

Diego Peixoto Vieira

Academic advisor: Kátia Leite Mansur e Roberto Carlos da Conceição Ribeiro

Final course assignment abstract submitted to the Geology Department of Rio de Janeiro Federal University— UFRJ, Geosciences Institute, as part of the requirements for obtaining the geologist degree

The rock alterations are natural phenomena that occur with rock *in situ* or *ex situ*, being influenced and accelerated by anthropic activity. Considering the usage of rocks as a basis for many construction materials, it is important to acknowledge the relationship between the weathering that such rocks undergo and mankind's contribution to such processes through pollution and direct damage. With an understanding of this intimate connection it is important to have general knowledge and an appreciation for the geodiversity that exists in order to promote geoconservation of natural and historic monuments. One such area where the deleterious effects of man's presence on the weathering process of monuments is evident, is in the suburb of Vila Isabel. The Noel Rosa Monument, the Basilica Nossa Senhora de Lourdes, the Nossa Senhora da Conceição da Ajuda Monastery and the Portuguese Musical Stonework are composed of augen gneiss, granite, basalt and limestone. The purpose of this work is to explore the history of these monuments and their importance in the suburb of Vila Isabel and to determine their composition and technological characteristics, using non destructive methods and scientific equipment. Different types of field work were employed. These included, mapping of damaged areas, colorimetry, rock hardness, ultrasonic wave speed, water absorption tests with Karsten tube, chemical composition by XRF and chemical composition through water washes. The results of these tests demonstrated the damaging influence of urban development through natural and anthropic activity. Examples of noticed damage included a yellow chromatic modification linked to the presence of water and staining caused by water and its role in the alteration of iron-magnesium minerals. In addition, monuments tested positive for the deposition of sulfur believed to be released by fuel burning vehicles. An increased presence of salt deposition can be linked to capillary action of salt groundwater and/or ocean spray. Furthermore, the presence of direct physical damage with or without repairs, graffiti and candle wax were noticed and linked to direct human contact. In conclusion anthropic activity has had the greatest impact on the alteration of the monuments tested. Thus it is necessary to educate the general population about the great risk that we pose to the geodiversity, and to promote understanding of our role in the degradation of historical monuments. By doing this we are spreading the importance of geosciences and the need for geoconservation.

Keywords: Rock alterability, geoconservation, augen gneiss, granite

"Se você está com medo de voar,
Então eu acredito que você nunca irá.
Você se esconde atrás dos seus muros,
De talvez nunca,
Esquecendo que há mais coisas
Do que apenas saber melhor.
Seus erros não definem você agora,
Eles dizem quem você não é.
Você tem que viver a vida que lhe foi dada
Como se ela fosse a única que você tenha
recebido."

(Brad Arnold, Matt Roberts, Todd Harrell and Chris Henderson)

Lista de Figuras

Figura 1	Organograma com as relações de subordinação entre a geoconservação e diversidade natural	26
Figura 2	Placa do Projeto Caminhos Geológicos na Pedra do Sal	31
Figura 3	Placa do Forte de Duque de Caxias (Forte do Leme) sobre a utilização de rochas em cantaria	31
Figura 4	Pontas de lança talhadas na rocha feitas pelos ancestrais do homem moderno	32
Figura 5	Estátua de Tiradentes e Museu da Inconfidência ao fundo em Ouro Preto, Minas Gerais, se utilizam de rochas ornamentais	33
Figura 6	Pão de Açúcar, Rio de Janeiro	34
Figura 7	Gnaisse facoidal	36
Figura 8	Granito.....	38
Figura 9	Basalto que compõe o Mosaico de pedras portuguesas	39
Figura 10	Calcário presente na calçada musical de pedras portuguesas.....	40
Figura 11	Granito migmatítico.....	41
Figura 12	Granito vermelho.....	42
Figura 13	Pedreira de gnaisse facoidal no Morro da Glória, em gravura de Debret (1834-1839)	44
Figura 14	Exemplos de patrimônios que se utilizam de cantaria. (A) Igreja da Candelária; (B) Palácio da Geologia / DNPM; (C) Parque Lage; (D) Basílica Nossa Senhora de Lourdes	45
Figura 15	Fachada do Centro Cultural Banco do Brasil no centro do Rio de Janeiro em gnaisse facoidal	46
Figura 16	Leptinito em cantaria da Casa França- Brasil	47
Figura 17	Palácio do Catete	48

Figura 18	Arquivo Nacional	49
Figura 19	Praça Barão de Drumond e Boulevard 28 de Setembro no século XIX	50
Figura 20	Planta das ruas de Vila Isabel 1872	51
Figura 21	Boulevard 28 de Setembro antigamente quando havia o bonde ligando o bairro ao centro da cidade	52
Figura 22	Companhia de Fiação e Tecidos Confiança Industrial antes (A) e depois (B)	53
Figura 23	Igreja de Santo Antônio de Lisboa à direita em cima do morro e o antigo Shopping Iguatemi, agora Shopping Boulevard Rio, à frente	53
Figura 24	(A) Monumento de Noel Rosa; (B) monumento visto mais de perto	54
Figura 25	Piso do monumento de Noel Rosa, composto por granito migmatítico e granito vermelho organizados em "xadrex"	55
Figura 26	Basílica Nossa Senhora de Lourdes.....	56
Figura 27	Colunas que compõem o portão de entrada da Basílica: (A) coluna de gnaisse facoidal; (B) coluna de granito.....	57
Figura 28	Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda	57
Figura 29	Mosteiro em sua antiga localização na Cinelândia, que foi posteriormente demolido	58
Figura 30	Fachada do Mosteiro: (A) coluna em gnaisse facoidal; (B) colunas de alvenaria; (C) muros e colunas em gnaisse facoidal	59
Figura 31	Exemplos de utilização do calçamento com pedras portuguesas: (A) Padrão dos Descobrimentos, Lisboa; (B) calçada de Copacabana, Rio de Janeiro	60
Figura 32	Primeira aplicação do calçamento com pedras portuguesas no Castelo de S. Jorge, Lisboa	60
Figura 33	Calçada musical de Vila Isabel em 1980	61
Figura 34	Calçada musical de Vila Isabel: (A) violão e a música "Luar do Sertão"; (B) música "A voz do violão" e início das partituras; (B) partituras; (D) violão.....	61

Figura 35	Variação da precipitação ao longo do ano de 2015 para a cidade do Rio de Janeiro	65
Figura 36	Variação da temperatura do ano de 2010 até o início de 2016 para a cidade do Rio de Janeiro	65
Figura 37	Correlação entre precipitação e temperatura anuais com processos intempéricos dominantes. Destaque da área tracejada em amarelo que corresponde as condições no Rio de Janeiro	66
Figura 38	Localização do bairro de Vila Isabel	70
Figura 39	Localização dos objetos de estudo no bairro de Vila Isabel	71
Figura 40	Distribuição dos pontos nos arcos do monumento de Noel Rosa ..	72
Figura 41	Distribuição de pontos no piso do monumento de Noel Rosa	72
Figura 42	Distribuição de pontos e na Basílica de Nossa Senhora de Lourdes e orientação utilizada no mapeamento de danos	73
Figura 43	Distribuição de pontos medidos no Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda	73
Figura 44	Aparelho portátil Equotip3 utilizado em campo para a medição de dureza	75
Figura 45	FRX portátil da marca Bruker utilizado na aquisição de dados em campo	76
Figura 46	Uso do equipamento de FRX portátil na coluna do Mosteiro Nossa Senhora da Conceição da Ajuda	77
Figura 47	Aparelho portátil Spectro-Guide Sphere Gloss utilizado em campo	78
Figura 48	Eixos 3D usados para interpretação dos valores obtidos a partir de análise colorimétrica em campo	78
Figura 49	Portable Ultrasonic Non Destructive Indicator Tester (PUNDIT)	79
Figura 50	Medição de velocidade ultrassônica em um dos portais do monumento de Noel Rosa	81
Figura 51	Tubo de Karsten utilizado em campo	82
Figura 52	Mapeamento de danos das faces de dentro e de fora do arco com as colunas 1 e 2	83

Figura 53	Mapeamento de danos das faces de dentro e de fora do arco com as colunas 3 e 4	84
Figura 54	Mapeamento de danos das faces de dentro e de fora do arco com as colunas 5 e 6	84
Figura 55	Mapeamento de danos das faces de dentro e de fora do arco com as colunas 7 e 8	85
Figura 56	Gráfico de porcentagem dos danos presentes no Monumento de Noel Rosa	85
Figura 57	Alteração cromática na pilastra 5	86
Figura 58	Depósito encontrado comumente na base das pilastras. Fonte própria	87
Figura 59	Perda de massa com restauro no bloco superior, perto do contato entre os blocos	87
Figura 60	Manchamento avermelhado devido a oxidação da viga de ferro	88
Figura 61	(A) Goma de mascar na pilastra; (B) grafite	88
Figura 62	Manchamento de tinta e escurecimento das rugosidades "externas" do granito	89
Figura 63	Mapeamento de danos do lado esquerdo da parte frontal da Basílica Nossa Senhora de Lourdes	90
Figura 64	Mapeamento de danos do lado esquerdo da parte frontal da Basílica Nossa Senhora de Lourdes	91
Figura 65	Mapeamento de danos do lado direito da parte interna da Basílica Nossa Senhora de Lourdes. Foto invertida para facilitar a correlação com o mapeamento da parte frontal	92
Figura 66	Mapeamento de danos do lado esquerdo da parte interna da Basílica Nossa Senhora de Lourdes. Foto invertida para facilitar a correlação com o mapeamento da parte frontal	92
Figura 67	Porcentagem dos danos presentes na Basílica Nossa Senhora de Lourdes	93
Figura 68	Escamação resultando na perda de massa	93
Figura 69	Pilastra da Basílica Nossa Senhora de Lourdes com alteração cromática amarelada ocorrendo na porção superior	94

Figura 70	Mapeamento de danos do Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda	95
Figura 71	Porcentagem dos danos presentes no Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda	96
Figura 72	(A) Depósitos de coloração escura; (B) parafina de vela derretida em cima do muro	96
Figura 73	Grafites ao longo da fachada do Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda.....	97
Figura 74	Alterações na calçada: (A) deposição de sujeira nos cantos próximos a parede; (B) manchamento de tinta vermelha à direita .	97
Figura 75	75. Intenso fluxo de veículos (A) próximo ao monumento de Noel Rosa; (B) no Boulevard 28 de Setembro; (C) próximo ao Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda	98
Figura 76	Distância da Basílica Nossa Senhora de Lourdes até a Praça da Bandeira.....	99
Figura 77	Distância da Basílica Nossa Senhora de Lourdes até o mar	99
Figura 78	Valores médios de dureza nos quarteirões norte do Boulevard 28 de Setembro das rochas da calçada musical e do gnaisse facoidal do meio-fio	102
Figura 79	Valores médios de dureza nos quarteirões sul do Boulevard 28 de Setembro das rochas da calçada musical e do gnaisse facoidal do meio-fio	102
Figura 80	Arco das pilastras 1 (direita) e 2 (esquerda) com alteração cromática nos blocos inferior e no terceiro de baixo para cima em 1	104
Figura 81	Alteração cromática amarelado as porções superiores nas pilastras da Basílica Nossa Senhora de Lourdes	106
Figura 82	Pilastra com grafites no Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda e manchamento preto oriundo da cera das velas que ali são acesas e dos depósitos provenientes da queima de combustíveis dos ônibus	107
Figura 83	Valores médios de cor nos quarteirões norte do Boulevard 28 de Setembro das rochas da calçada musical e do gnaisse facoidal do meio-fio	108
Figura 84	Valores médios de cor nos quarteirões sul do Boulevard 28 de Setembro das rochas da calçada musical e do gnaisse facoidal do meio-fio	108

Figura 85	Localização dos pontos na Basílica Nossa Senhora de Lourdes amostrados para o ensaio de absorção com tudo de Karsten	111
Figura 86	Gráfico de absorção de água por tempo no ponto 1	112
Figura 87	Gráfico de absorção de água por tempo no ponto 2	112
Figura 88	Localização dos pontos no Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda amostrados para o ensaio de absorção com tubo de Karsten	113
Figura 89	Gráfico de absorção de água por tempo no ponto 3	113
Figura 99	Gráfico de absorção de água por tempo no ponto 4	114
Figura 91	Pontos 1, 2, 3 e 4 que foram ensaiados	114

Lista de Quadros

Quadro 1	Músicas e autores expostos na calçada musical	62
Quadro 2	Organização esquemática das diferentes morfologias de alteração das rochas	67
Quadro 3	Métodos utilizados em cada monumento	70
Quadro 4	Determinação da frequência a ser utilizada	80
Quadro 5	Resultado do teste de dureza dos granitos nos arcos do Monumento de Noel Rosa	100
Quadro 6	Resultado do teste de dureza das rochas do piso do Monumento de Noel Rosa	100
Quadro 7	Resultado do teste de dureza das rochas da Basílica Nossa Senhora de Lourdes	101
Quadro 8	Resultado do teste de dureza dos gnaisses do Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda	101
Quadro 9	Resultado da análise colorimétrica das pilastras do Monumento de Noel Rosa	103
Quadro 10	Resultado da análise colorimétrica do piso do Monumento de Noel Rosa	104
Quadro 11	Resultado da análise colorimétrica das colunas e muros da Basílica Nossa Senhora de Lourdes	105
Quadro 12	Propriedades colorimétricas do gnaisse facoidal.....	105
Quadro 13	Resultado da análise colorimétrica das colunas e muros do Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda	107
Quadro 14	Resultado dos ensaios de velocidade ultrassônica	109
Quadro15	Intervalos de velocidade de ondas ultrassônicas para o granito....	110

Lista de Tabelas

Tabela 1	Características e propriedades do gnaiss facoidal.....	36
Tabela 2	Características e propriedades do granito.....	39
Tabela 3	Características e propriedades do basalto.....	40
Tabela 4	Características e propriedades do granito migmatítico	42
Tabela 5	Características e propriedades do granito vermelho	43

Lista de Siglas

ABIROCHAS	Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CETEM	Centro de Tecnologia Mineral
COAM	Coordenação de Análise Mineral
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
FRX	Fluorescência de Raios X
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
ICOMOS	Conselho Internacional de Monumentos e Sítios
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
ISCS	Comitê Científico Internacional de Rochas
LEMETRO	Laboratório de Mecânica e Tecnologia das Rochas
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
RILEM	União Internacional de Laboratórios e Especialistas em Construção de Materiais, Sistemas e Estruturas

Sumário

1. Introdução.....	21
1.1. Objetivo	23
1.1.1. Objetivo Geral.....	23
1.1.2. Objetivo Específico	23
1.2. Justificativa	24
2. Revisão Bibliográfica	26
2.1. Patrimônio Geológico, Geodiversidade e Geoconservação.....	26
2.1.1. Geodiversidade	26
2.1.2. Patrimônio Geológico	28
2.1.3. Geoconservação	29
2.2. Rochas Ornamentais	32
2.2.1. Gnaisse Facoidal	34
2.2.1.1. Origem e Formação	34
2.2.1.2. Características	35
2.2.2. Granito	38
2.2.3. Basalto	39
2.2.4. Calcário	40
2.2.5. Granito Migmatítico	41
2.2.6. Granito Vermelho	42
2.3. Utilização em Monumentos	43
2.3.1. Cantaria no Rio de Janeiro	43
2.4. Monumentos no Rio de Janeiro	47
2.5. Vila Isabel	50
2.5.1. História	50
2.5.2. Objetos de Estudo	54
2.5.2.1. Monumento de Noel Rosa	54
2.5.2.2. Basílica Nossa Senhora de Lourdes	55
2.5.2.3. Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda.....	57

2.5.2.4. Calçada em Mosaico de Pedras Portuguesas	59
2.5.2.4.1. História do Calçamento Pedras Portuguesas	59
2.5.2.4.2. Calçadas Musicais de Vila Isabel	61
2.6. Intemperismo, Clima e Formas de Alteração	63
2.6.1. Intemperismo	63
2.6.2. Clima no Rio de Janeiro	64
2.6.3. Formas de Alteração	66
2.6.3.1. Alteração Antrópica ao Patrimônio	67
3. Metodologia	70
3.1. Localização	70
3.1.1. Localização de Pontos	71
3.2. Mapeamento de Danos	73
3.3. Coleta de Água de Lavagem	74
3.4. Dureza	75
3.5. Avaliação Química com FRX Portátil	76
3.6. Colorimetria	77
3.7. Velocidade de Propagação de Ondas Ultrassônicas	79
3.8. Ensaio de Absorção com Tubo de Karsten (RILEM II.4)	81
4. Resultados e Discussões	83
4.1. Mapeamento de Danos	83
4.2. Água de Lavagem	98
4.3. Dureza	100
4.4. FRX	103
4.5. Colorimetria	103
4.6. Velocidade de Propagação de Ondas Ultrassônicas	109
4.7. Ensaio de Absorção com Tubo de Karsten (RILEM II.4)	111
5. Conclusões	115
Referências Bibliográficas	117
Apêndice A	123
Apêndice B	124

1. Introdução

O homem desde os seus primórdios utilizou-se do que lhe é fornecido pela natureza para o seu benefício e desenvolvimento, começando pelo cultivo de alimentos e pelo emprego de rochas como utensílios domésticos, de caça ou até como forma de abrigo, como por exemplo em cavernas. O aperfeiçoamento das técnicas de aproveitamento das rochas e das técnicas de engenharia proporcionaram ao homem a capacidade de trabalhar os materiais pétreos de modo mais eficiente, conferindo-lhe a habilidade de utilizá-los de diversas formas, tais como na construção civil.

Desta maneira, esta “cultura da pedra” tornou-se um modo de guardar no tempo o desenvolvimento da civilização. De milhares de anos atrás até os dias atuais o emprego das rochas foi se refinando e seguindo os caminhos da história da humanidade e do país, desde o seu descobrimento. Na cidade do Rio de Janeiro não foi diferente.

O aproveitamento de material pétreo como cantaria em construções no Rio de Janeiro data do século XVI com a vinda dos portugueses para o Brasil, e seu emprego está diretamente relacionado com a acessibilidade a pedreiras e a disponibilidade de rochas (Rodrigues *et al.*, 2004). Estas atividades foram responsáveis pelo crescimento e desenvolvimento urbanístico da cidade, e configuram cenários do Rio de Janeiro antigo que continuam presentes nos dias de hoje na forma de patrimônios históricos e culturais.

Estes patrimônios mais antigos podem ser encontrados principalmente na porção central da cidade, devido à primeira ocupação populacional ao longo da história, dividindo o espaço geográfico com prédios e construções modernas. Contudo, estes patrimônios culturais e históricos estão também presentes em diversas regiões do Rio de Janeiro.

Vila Isabel é um bairro conhecido pela sua cultura boêmia muito ligada ao samba, que lhe conferiu o apelido de “Berço do Samba”, pois foi onde importantes nomes da música como Noel Rosa nasceram ou que nele foram revelados como

Martinho da Vila. A região também exibe interessante história e ostenta importantes patrimônios culturais, dentre eles o Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda, a Basílica Nossa Senhora de Lourdes, o monumento de Noel Rosa e a calçada do Boulevard 28 de Setembro em mosaicos de pedras portuguesas, que são os objetos de estudo desta monografia.

A escolha destes objetos de estudo se deu devido à relevância cultural que eles apresentam para o bairro, sua localização em meio à área mais movimentada de Vila Isabel, e, principalmente, em virtude da degradação destes patrimônios, consequências do intemperismo natural e da atividade antrópica, em particular a liberação de poluentes na atmosfera.

O estudo das rochas que compõem estes monumentos, tais como o basalto e o calcário da calçada, o granito, e, principalmente, o gnaiss facoidal, foi executado por meio de diversos métodos realizados em campo e em laboratório no Centro de Tecnologia Mineral (CETEM – RJ), órgão pertencente ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) considerado uma instituição de referência na área de estudos sobre rochas ornamentais. Logo, cumpriu-se a medição e a quantificação do estado de alteração destas rochas ornamentais, sendo possível investigar e sugerir suas causas.

Com os dados obtidos será possível atuar de maneira mais eficaz para a futura geoconservação desses sítios de geodiversidade (Brilha, 2015), levando em consideração as características e especificidades das rochas e das alterações atuantes. Esta contribuição para o meio científico e a geoconservação são fundamentais para que haja uma disseminação deste ramo das Geociências (Henriques *et al.*, 2011) e para que ocorra um acompanhamento e catalogação das formas de intemperismo e alteração e dos patrimônios afetados nos bairros da cidade do Rio de Janeiro.

1.1. Objetivo

1.1.1. Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é caracterizar as rochas dos portais no monumento à Noel Rosa, dos muros e das colunas de entrada da Basílica Nossa Senhora de Lourdes e do Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda, da calçada musical de pedras portuguesas e do meio-fio no Boulevard 28 de Setembro no bairro de Vila Isabel, além de verificar e entender as causas e os tipos de alteração atuantes no bairro, e, desta forma, fornecer dados que auxiliem na sua geoconservação.

1.1.2. Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho consistem em:

- a. descrever os objetos de estudo, suas importâncias históricas e localizações.
- b. mapear e identificar as morfologias de alteração dos muros e das colunas de entrada da Basílica Nossa Senhora de Lourdes e do Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda, dos portais e do piso do monumento de Noel Rosa, e da calçada musical de pedras portuguesas e do meio-fio no Boulevard 28 de setembro.
- c. fazer uma correlação das morfologias de alteração ao longo da Boulevard 28 de Setembro e assim identificar possíveis padrões destes processos na região.
- d. compor um banco de dados das condições de alteração das rochas com o intuito de fazer o monitoramento do impacto da ação do homem e do intemperismo natural.
- e. promover a ciência da geoconservação de forma com que haja o mapeamento de danos de mais localidades e patrimônios construídos da cidade do Rio de Janeiro.

1.2. Justificativa

A cidade do Rio de Janeiro, conhecida pelos seus pontos turísticos e cultura muito peculiar, encontra-se rodeada por maciços rochosos como os famosos Morro do Corcovado e o Pão de Açúcar que proporcionam uma percepção clara da barreira existente entre o meio geológico e o homem. Esta barreira, apesar de física e invisível, separa o meio urbano do meio natural, ao mesmo tempo em que os aproxima. Ela representa a coexistência do homem em meio ao seu desenvolvimento, e a geodiversidade, que passa a ser inserida num contexto cultural, paisagístico, turístico, econômico e científico-educacional.

O estudo de Chagas e Chagas (2004) faz uma ótima reflexão sobre como essa barreira compreende a notável importância que as rochas carregam:

“As pedras também são baús, ou arcas que guardam memórias. (...) Não estamos falando da memória da natureza, mas da memória cultural do mundo; não estamos considerando as pedras como entes naturais, mas como entes do universo cultural. (...) Pensemos no Pão de Açúcar, no Corcovado, na Pedra da Gávea, na Pedra Branca, no Morro da Urca, no Pico do Papagaio, no Pico da Tijuca e no Morro dos Dois Irmãos, por exemplo. Todas essas são pedras que nos acompanham e que alcançaram, ao longo do tempo, um lugar proeminente na geografia de nossas memórias, nas nossas paisagens subjetivas. Sem elas nós não seríamos os mesmos. Elas também nos formam, informam e conformam, e até nos confortam com suas presenças culturais. As pedras, essas companheiras de viagem, podem ser boas educadoras.”

Esta distinção e a complementação do patrimônio imaterial e do patrimônio material foram ferramentas chave para o reconhecimento da Pedra do Sal, no Rio de Janeiro, mediante o seu significado cultural e espiritual para o povo negro. O seu tombamento é considerado como “um marco na luta pela construção dos lugares de memória da ‘cidade negra no interior da cidade’” (Chagas e Chagas, 2004).

Exemplos como este nos fazem enxergar a relevância que esses estudos têm para a valorização dos elementos da geodiversidade e na formação de caráter

cultural do homem. Levando em consideração esta importância ímpar, este trabalho visa um maior reconhecimento de como a conservação dos objetos de estudo pode promover um desenvolvimento para a cultura local do bairro de Vila Isabel.

A interdisciplinaridade que acompanha esta pesquisa, que vai além das características da rocha e inclui o seu significado, tem por aplicação direta a análise de alteração dos materiais pétreos que constituem os monumentos estudados, de modo que seja possível caracterizá-los e identificá-los. Com estas informações é possível haver um questionamento sobre as particularidades do ambiente e debater métodos eficientes para sua conservação.

Esta necessidade de tratar os monumentos mediante a localização e os fatores específicos de cada região tem extrema importância, visto a enorme quantidade de monumentos pétreos contidos na cidade e a elevada demanda de estudos de diferentes comportamentos urbanos das rochas na cidade do Rio de Janeiro.

Desta forma, este trabalho tem como justificativa a valoração dos monumentos no bairro de Vila Isabel como entes histórico-culturais, a promoção da educação a respeito da geoconservação, e a carência e necessidade de pesquisa na área da geoconservação de monumentos pétreos em áreas urbanas.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Patrimônio geológico, geodiversidade e geoconservação

Um dos grandes desafios atuais das geociências é a disseminação de conhecimento em favor da geodiversidade, inserida na diversidade natural, de modo que haja sua proteção e manutenção através da geoconservação.

A diversidade natural inclui elementos bióticos - biodiversidade - e elementos abióticos - geodiversidade, sendo o último dividido por Brilha (2015) de forma tal que há um melhor entendimento dos conceitos de patrimônio geológico, geodiversidade e geoconservação (Figura 1).

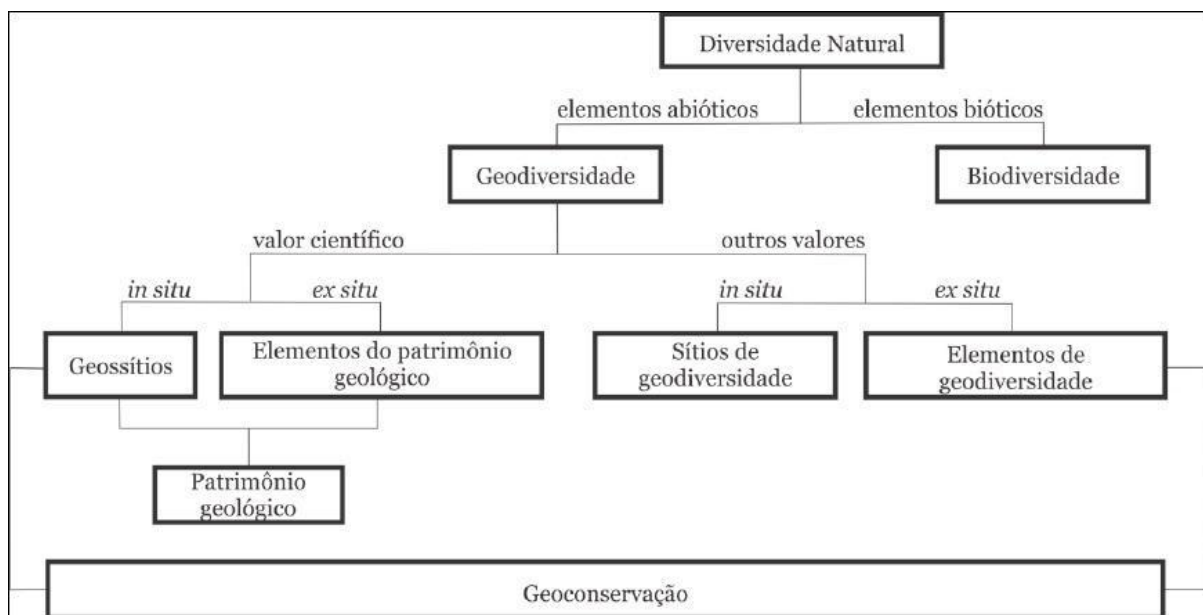


Figura 1. Organograma com as relações de subordinação entre a geoconservação e diversidade natural. Fonte: adaptado de Brilha (2015).

2.1.1. Geodiversidade

O termo geodiversidade, que começou a ser utilizado e difundido por cientistas da Terra nos anos 90, foi criado com o intuito de estudar e descrever os elementos abióticos presentes na natureza e incentivar a conservação deste. O

desconhecimento da esfera geológica em que os seres vivos evoluem, influencia a ideia de que esta base geológica não é pertencente à diversidade da natureza, que é compreendida popularmente apenas pela diversidade biológica, fazendo-se necessário o uso da expressão geodiversidade (Gray, 2004).

De acordo com o Serviço Geológico do Brasil (CPRM), que em 2006 lançou o Mapa Geodiversidade do Brasil, a definição de geodiversidade se dá a partir da natureza abiótica composta por fatores de caráter ambiental, fenômenos e processos que dão origem às paisagens, rochas, minerais, fósseis, solos e outros depósitos que proporcionam o desenvolvimento da vida, considerando valores intrínsecos culturais, educacionais, estéticos, econômico, científicos e turísticos.

O conceito de que a geodiversidade inclui os aspectos abióticos, os testemunhos do passado geológico e, também, todos os aspectos naturais que de alguma forma modificam as paisagens, são afirmados no estudo de Brilha (2005). Também é possível observar em seu trabalho a importância da geodiversidade para com o desenvolvimento da biodiversidade, que necessita de condições abióticas para a sua prosperidade.

Mediante a pluralidade da geodiversidade e dos patrimônios geológicos e a necessidade de conservação e gerenciamento, diversos autores discutem a respeito da atribuição de valores a esses elementos naturais. Definindo estes valores têm-se o estudo de Gray (2004), que aponta seis categorias que avaliam a geodiversidade, tais como o valor intrínseco, estético, econômico, funcional, cultural e científico/educacional.

Valores como intrínseco e estético são bastante questionados por Brilha (2005) devido à difícil quantificação e à subjetividade da atribuição dos mesmos, uma vez que envolve questões religiosas e éticas, e porque o conceito de “belo” é algo individual.

Brilha (2005) conclui que o parâmetro de valor cultural da geodiversidade é resultado da forte ligação da sociedade com o desenvolvimento local social, cultural e religioso, na qual existe uma atribuição de valores pela sociedade da ambiente físico.

O valor econômico da geodiversidade é considerado o de mais fácil quantificação devido ao regime econômico em que vivemos, onde é comum conferir valores a bens e serviços utilizados. Ao contrário deste, o valor funcional não observa o valor da geodiversidade pela sua importância econômica exploratória, mas sim pelo reconhecimento do valor da geodiversidade em seu local de origem (Brilha, 2005).

Por último, o valor educacional/científico proporciona ao homem o reconhecimento e a interpretação dos processos que afetam historicamente a geologia do planeta Terra, sendo responsáveis pelo estreitamento entre o homem e a geodiversidade (Brilha, 2005).

Sharples (2002) conclui que a grande importância destes valores atribuídos à geodiversidade é resultado da fragilidade a perturbações que muitos processos e recursos estão submetidos, visto a capacidade e facilidade com que as atividades humanas degradam estas áreas quando não manejadas de forma eficaz. Também é necessário considerar a singularidade de determinados elementos e características da geodiversidade, uma vez que muitos são únicos e insubstituíveis, como, por exemplo, os fósseis.

A geodiversidade é comumente vista como robusta e estável, que não se afeta pelas ações antrópicas, ao contrário da biodiversidade que é encarada como frágil e vulnerável a ameaças. Entretanto, como apontado por Gray (2004) e Azevedo (2007), a geodiversidade é também vulnerável a ameaças de diferentes escalas que são em sua grande maioria antrópicas, tais como obras de infraestrutura, ocupação desordenada em áreas de risco, exploração indiscriminada de recursos geológicos, desmatamento, agricultura monocultora, atividades turísticas, pirataria de amostras geológicas e falta de conhecimento sobre a relevância da geodiversidade, que se tornam grande obstáculos para a geoconservação.

2.1.2. Patrimônio geológico

O patrimônio geológico é definido segundo Brilha (2015) pela ocorrência *in situ* de elementos da geodiversidade com elevado valor científico - geossítios, e pelos elementos da geodiversidade *ex situ* que apesar de terem sido remobilizados do seu

local natural de ocorrência, guardam o seu valor científico - elementos do patrimônio geológico (Figura 1). Além do valor científico, também é possível encontrar em ambos elementos *in situ* e *ex situ* valores educacional, estético e cultural, tal qual justifica a necessidade de seu uso pela sociedade (aprendizado, turismo, lazer e etc.).

O termo patrimônio geológico é considerado por Brilha (2015) como sendo amplo, pois engloba definições mais específicas, como quando se considera particularidades e singularidades científicas da geodiversidade. É comum, por exemplo, se referir a patrimônios geomorfológico (paisagens), petrológico (rochas), mineralógico (minerais), paleontológico (fósseis), estratigráfico (sequências sedimentares), estrutural (falhas, dobras e outros), hidrogeológico (água) ou pedológico (solos) como sendo subtipos de patrimônio geológico.

Brilha (2015) também enfatiza que muitos elementos da geodiversidade não apresentam valores científicos particulares, e que apesar disso podem ser importantes fontes de conhecimento educacional, turística e identidade cultural de uma determinada região. Assim como elementos do patrimônio geológico, esses também podem ser *in situ* - sítios de geodiversidade - e *ex situ* - elementos da geodiversidade (Figura 1). Entretanto, estes elementos não devem ser considerados patrimônios geológicos, visto que seus valores científicos não são reconhecidos pela comunidade científica nacional e/ou internacional.

É possível utilizar como exemplo de elementos da geodiversidade as rochas ornamentais utilizadas como cantaria nas áreas estudadas visto que são materiais pétreos que fazem parte da geodiversidade, mas que não apresentam valores científicos, e sim valor arquitetônico e cultural na região. Como tal, devem ser objeto de geoconservação.

2.1.3. Geoconservação

A conservação de materiais pétreos, ou abióticos, é uma prática que existe há mais de 100 anos entre geólogos e geomorfólogos. Entretanto, é possível constatar uma desigualdade quando se diz respeito ao estudo e pesquisa na conservação de materiais bióticos e abióticos. O fato de que a maior parte dos geólogos se dedica a

áreas de exploração e prospecção de recursos naturais fez com que Pereira (2010) concluísse que, por esta razão, a conservação dos elementos biológicos se desenvolve de forma rápida, enquanto a conservação da geodiversidade segue de forma mais lenta e tardia.

O propósito principal da geoconservação de geossítios, a unidade básica *in situ* do patrimônio geológico, é realizada a partir da implementação dos processos de inventário, quantificação, conservação, valorização e monitoramento. Promover educação científica relevante para o desenvolvimento sustentável (geoeducação) requer novas abordagens educacionais envolvendo as geociências para que forneça aos cidadãos ferramentas que ajudem a combater problemas ambientais, tais quais os que surgem com a utilização de recursos geológicos, fomentando a disseminação da informação a respeito, levando a geoconservação aos monumentos naturais e realizando o geoturismo (Henriques *et al.*, 2011).

A valorização do patrimônio geológico em um âmbito social, de forma simples e que sensibilize o público leigo é uma das estratégias de maior importância para a geoconservação. A falta de conhecimento sobre a cultura geológica em que a sociedade está inserida dificulta o processo de sensibilização do cidadão comum sobre o patrimônio geológico e a sua conservação, levando a sua degradação. (Mansur, 2010; Fonseca, 2009).

Uma estratégia que é exemplo em favor da valorização e divulgação de conhecimento geológico, conhecida pelo seu teor didático e pelo reconhecimento do público, são os painéis implantados em alguns estados brasileiros a partir de projetos como Caminhos Geológicos do Rio de Janeiro (Figuras 2 e 3), Sítios Geológicos e Paleontológicos do Paraná e o projeto Monumentos Geológicos do Rio Grande do Norte (Nascimento; Azevedo; Mantesso-Neto, 2008). Também vale citar o projeto do Mapa da Estrada Real, no qual o CETEM é parceiro, que dissemina o conhecimento patrimonial, cultural e geocientífico deste marco histórico-natural (Cales & Ferreira, 2009).



Figura 2. Placa do Projeto Caminhos Geológicos na Pedra do Sal. Fonte: <http://www.drm.rj.gov.br/index.php/downloads/category/68-rio-de-janeiro> (acessado em 2 de fevereiro de 2015)

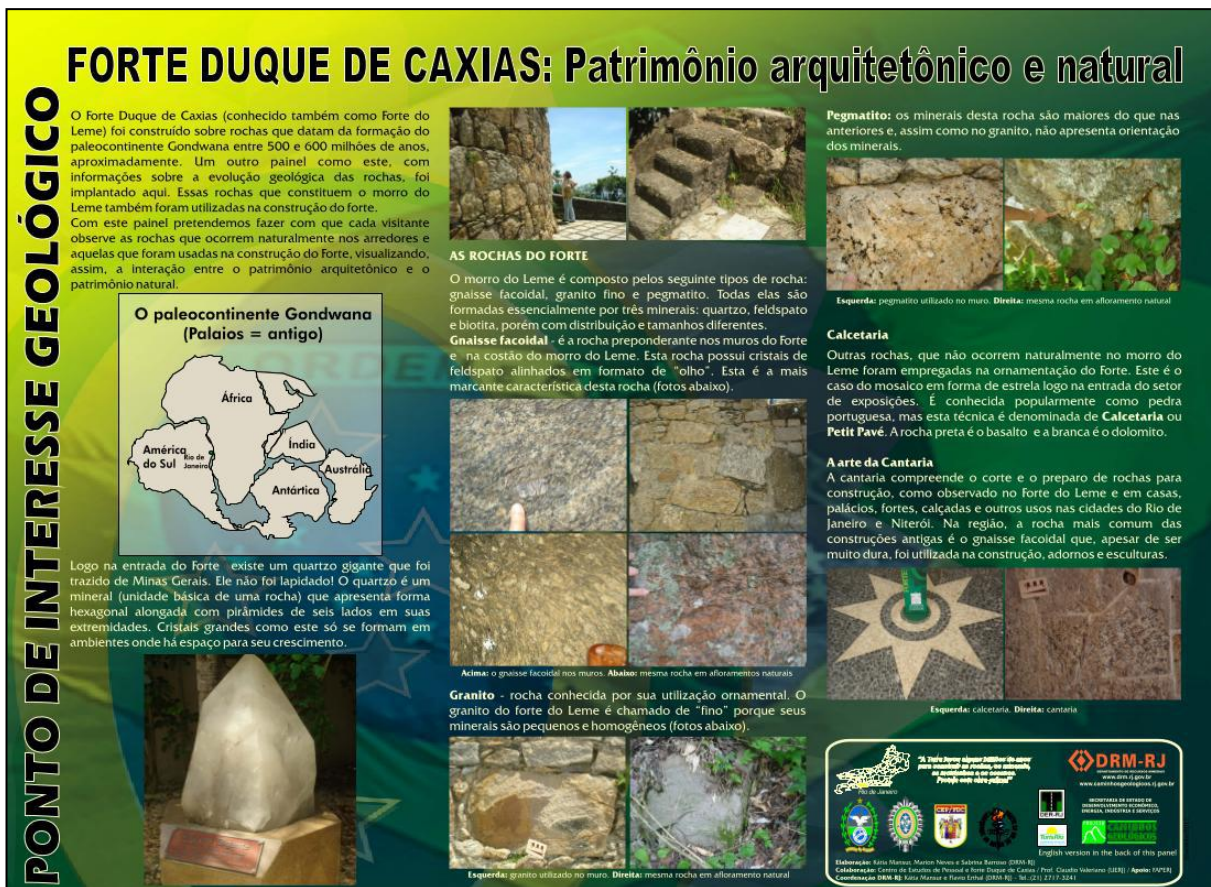


Figura 3. Placa do Forte de Duque de Caxias (Forte do Leme) sobre a utilização de rochas em cantaria. Fonte: Kátia Mansur

Estratégias como esta para a geoconservação são de grande importância para a sua manutenção e para o desenvolvimento científico, social, econômico, turístico e paisagístico da sociedade perante o meio físico-geológico no qual estamos inseridos. Estes ambientes e processos que os regem constituem a base para a vida na Terra e necessitam ser devidamente pesquisados e conservados, levando em consideração as intervenções do homem e a sua responsabilidade social de forma que se estabeleçam medidas que permitam o uso dos recursos geológicos de forma sustentável.

2.2. Rochas Ornamentais

As rochas ornamentais são definidas por Vidal *et al.* (2014) como sendo a utilização de materiais pétreos como estrutura, revestimento e com finalidade decorativa, através do processo de extração e beneficiamento.

O uso da pedra pelo homem remonta aos tempos pré-históricos, quando foi utilizada para a confecção de utensílios domésticos, armas para caça, guerra e como objetos sacros (Figura 4). Posteriormente, dissemina-se o seu uso como elemento construtivo nas edificações de habitações e de defesa da cidade, que surgia então como unidade política e social.

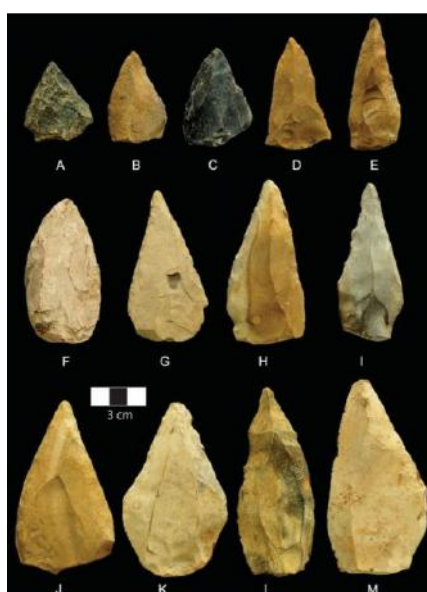


Figura 4. Pontas de lança talhadas na rocha feitas pelos ancestrais do homem moderno. Fonte: Brown *et al.* (2012)

Estes elementos passam a adquirir enorme importância no desenvolvimento do homem, da sociedade e da sua cultura, pois dão origem a arquitetura e esculturas que fazem parte do patrimônio histórico da humanidade (Borghi *et al.*, 2014).

A ampla utilização das rochas desde os tempos antigos como elementos estéticos e ornamentais, como utensílios e na construção civil leva em consideração o estudo do tipo de rocha utilizado, a fonte destas rochas, sua disponibilidade, mineralogia, resistência, durabilidade e utilização como matéria-prima. Este processo também carrega um grande valor para o conhecimento que essa prática tem como atividade econômica de diferentes sociedades e suas culturas ao longo do tempo, sendo um importante fator na avaliação da relevância histórica destes sítios, de construções civis e de monumentos.

No Brasil, é possível destacar estados pelas suas reservas de rochas de aplicação ornamental e seus patrimônios históricos. Dentre eles os Estados do Rio de Janeiro, Bahia, Pernambuco e Minas Gerais são considerados grandes centros proprietários de importantes patrimônios históricos (Figura 5). A maior produção de material pétreo para a utilização ornamental se dá no estado de Minas Gerais, que concentra grande quantidade de reservas de rochas quartzo-feldspáticas e também outros tipos pétreos (Costa *et al.*, 2003).



Figura 5. Estátua de Tiradentes e Museu da Inconfidência ao fundo em Ouro Preto, Minas Gerais, se utilizam de rochas ornamentais.

Fonte: <http://www.folhadaregiao.com.br/Materia.php?id=317970> (acessado em 2 de fevereiro de 2015)

Segundo o estudo realizado por Costa *et al.* (2003), os monumentos pétreos antigos do país são em maioria constituídos por mármore, calcários, xistos, quartzitos e esteatitos. Já a exploração de rochas para uso na construção civil no Rio de Janeiro, desde o início das extrações até os dias atuais, compreende uma grande variedade de rochas distintas das mencionadas por aqueles autores, como granitos, gnaisses, dioritos, gabros e rochas alcalinas (Abreu, 1957), devido às diferentes histórias geológicas de cada região do país.

As rochas especificadas neste trabalho apresentam diferentes origens, histórias de formação geológica, composição, mineralogia, estruturas e patologias de alteração, visto a diversidade de características inerentes das rochas aliadas às características e fatores externos que as mesmas estão submetidas. Com isso são necessárias informações sobre estas especificidades acerca do material de estudo para que haja a sua caracterização.

2.2.1. Gnaiss Facoidal

2.2.1.1. Origem e formação

O gnaiss facoidal é uma rocha que está diretamente relacionada ao turismo e algumas das grandes belezas da cidade do Rio de Janeiro, visto que compõe importantes marcos da cidade, tais quais o Corcovado e o Pão de Açúcar (Figura 6).



Figura 6. Pão de Açúcar, Rio de Janeiro. Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/P%C3%A3o_de_A%C3%A7%C3%BAcar (acessado em 2 de fevereiro de 2015)

A origem destes gnaisses amplamente presentes na cidade do Rio de Janeiro esta associada à colisão de vários continentes antigos que formaram o supercontinente Gondwana por volta de 570 milhões de anos atrás (Valeriano, 2006; Valeriano *et al.*, 2007a e 2007b). Estes gnaisses formaram-se em elevadas profundidades, e foram, conseqüentemente, submetidos a temperaturas acima de 600 graus centígrados e pressão de pelo menos 7.000 vezes a pressão atmosférica. Estas rochas foram então soerguidas até a superfície através da movimentação vertical da crosta terrestre ao longo de milhões de anos, onde o material desta crosta foi fundido, metamorfozido e dobrado pela colisão do Gondwana. Assim, o gnaiss facoidal é formado, produto dos processos de fusão, cristalização e deformação (Valeriano *et al.*, 2007a; Mansur *et al.*, 2008).

Após formada e soerguida, a rocha foi exposta e submetida aos processos intempéricos que atuam na superfície da crosta. O gnaiss facoidal é então intemperizado e erodido assim como as rochas adjacentes formadas na colisão do Gondwana, porém, em menor escala devido a sua elevada resistência ao intemperismo (Mansur *et al.*, 2008). Este fato evidencia o gnaiss e origina o relevo de famosos pontos turísticos tal qual o Pão de Açúcar e o Corcovado.

A presença de estruturas geológicas como fraturas e falhas, e diques de diabásio nos gnaisses do Rio de Janeiro, são resultados da quebra do Gondwana que se sucedeu há aproximadamente 130 milhões de anos. Esta fragmentação do supercontinente Gondwana também foi de grande importância, pois deu origem aos continentes da Antártica, África e América do Sul, formando o oceano Atlântico e os terrenos da Índia e Austrália (Valeriano, 2006).

2.2.1.2. Características

Como mencionado anteriormente, o gnaiss facoidal (Figura 7) é a rocha metamórfica que mais se destaca como matéria-prima para a utilização como cantaria na cidade do Rio de Janeiro, sendo utilizada sob diversas formas constituindo prédios, casas e monumentos.

Para a aplicação como rocha ornamental, é necessário o estudo das propriedades físicas, físico-mecânicas e petrográficas da rocha baseado na sua

caracterização e em ensaios laboratoriais, que têm a finalidade de obedecer às demandas técnicas para o seu uso de forma segura.



Figura 7. Gnaiss facoidal

Assim sendo, as propriedades do gnaiss facoidal foram então pesquisadas na bibliografia para que seja possível uma comparação com as rochas estudadas nos monumentos, estando compiladas e ilustradas na Tabela 1.

De acordo com Valeriano *et al.* (2012), a composição modal do gnaiss facoidal é de microclínio (25%), plagioclásio (22%), quartzo (30%), biotita (18%) e opacos (5%). A rocha pode ser descrita como biotita ortognaiss grosso, bem foliado, de estrutura oftálmica dada por megacristais lenticulares de microclínio de 3 a 5 cm em matriz granítica rica em biotita. Pode apresentar teores de granada e hornblenda. Apresenta fluxo magmático em zonas não deformadas. A idade do metamorfismo é de 552 ± 2 Ma.

Tabela 1. Características e propriedades do gnaiss facoidal

Propriedades térmicas. Fonte: Frazão (2002)

Condutividade térmica $(Wm^{-1}k^{-1})$	Difusibilidade térmica $(10^{-7}m^2s^{-1})$	Calor específico $(kJ kg^{-1}K^{-1})$	Dilatação térmica

2,63 ± 0,51	10,34 ± 1,54	0,82 ± 0,06	8,8 ± 1,3 mm
-------------	--------------	-------------	--------------

Propriedades colorimétricas. Fonte: Ricardo (2015)

Amostras Inalteradas	Eixo L*	Eixo a*	Eixo b*
Gnaisse seco	59,08	0,52	5,61
Gnaisse molhado	43,89	0,90	5,59

Porosimetria. Fonte: Ricardo (2015)

Diâmetro médio dos poros (µm)	Porosidade (%)	Densidade (g.m^{L-1})
0,0295	0,98	2,64

Índices físicos. Fonte: Vidal *et al.* (2005).

	Valores fixados pela astm c -615	Valores sugeridos por Frazão e Farjallat (1995)
Massa específica aparente (Kg.m ⁻³)	≥ 2.560	≥ 2.550
Porosidade aparente (%)	n.e.	≤ 1.0
Absorção d'água (%)	≤ 0,4	≤ 0,4

Abrasão, impacto de corpo duro e resistência à compressão uniaxial. Fonte: Frazão (2002).

Abrasão Los Angeles (%)	Impacto de corpo duro (%)	Compressão uniaxial (Mpa)
40±8	21±9	113±29

Velocidade de onda. Fonte: Ricardo (2015)

Vp (m/s)	Vs1 (m/s)	Vs2 (m/s)
5236	3020	2995

2.2.2. Granito

Para a descrição do granito encontrado no Monumento de Noel Rosa e em uma das pilastras da Basílica Nossa Senhora de Lourdes foram analisadas as rochas nos monumentos, e, pela falta de informação sobre a sua origem, comparadas com as rochas do Catálogo de Rochas Ornamentais do Brasil (ABIROCHAS & CETEM/MCT, 2003), para que desta forma a rocha fosse classificada com base nas características utilizadas nos padrões publicados no país (Tabela 2). A rocha que predomina no monumento a Noel Rosa é uma rocha ígnea intrusiva félsica e, de acordo com a análise e comparação com as rochas descritas no referido Catálogo, a rocha em questão é semelhante àquela que é classificada comercialmente como Granito Cinza Bressan (Figura 8).

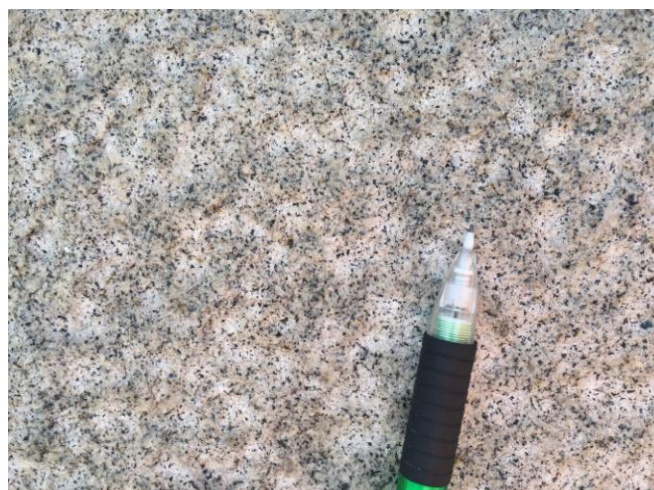


Figura 8. Granito

A rocha apresenta como minerais modais: plagioclásio (oligoclásio e andesina; 33%), microclínio (30%), quartzo (27%), biotita (8%) e acessórios (2%). O granito é descrito como biotita monzogranito de granulação fina bem homogêneo, porfírico, de coloração cinza claro e com a presença de pequenos pontos pretos de biotita homogeneamente distribuída, podendo ser alongadas (ABIROCHAS & CETEM/MCT, 2003).

Tabela 2. Características e propriedades do granito

Índices físicos. Fonte: ABIROCHAS & CETEM/MCT (2003)

Massa específica (Kg/m²)	Porosidade (%)	Absorção d'água (%)	Dilatação térmica linear (mm/m°C)
2725	0,67	0,25	6,30 x 10 ⁻³

Compressão simples, compressão após gelo/degelo e flexão. Fonte: ABIROCHAS & CETEM/MCT (2003)

Compressão simples (Mpa)	Compressão após gelo/degelo (MPa)	Flexão (MPa)
212,37	160,87	14,26

2.2.3. Basalto

A descrição do basalto ocorreu com base na análise da rocha *in situ* e da comparação e equiparação da mesma no Catálogo de Rochas Ornamentais do Brasil (ABIROCHAS & CETEM/MCT, 2003) afim de se ter maior informação com relação a suas características (Tabela 3). O basalto está presente na calçada musical de pedras portuguesas ao longo do Boulevard 28 de Setembro junto do calcário (Figura 9), e é uma rocha ígnea extrusiva predominantemente dura e compacta, com granulação muito fina.



Figura 9. Basalto que compõe o Mosaico de pedras portuguesas

De acordo com ABIROCHAS & CETEM/MCT (2003), a distribuição modal dos minerais é de clinopiroxênio (40%), plagioclásio (40%), vidro devitrificado (10%), opacos (7%) e acessórios (3%). A rocha é descrita como sendo maciça de granulação fina e cor preta.

Tabela 3. Características e propriedades do basalto

Índices físicos. Fonte: ABIROCHAS & CETEM/MCT (2003)

Massa específica (Kg/m²)	Porosidade (%)	Absorção d'água (%)	Dilatação térmica linear (mm/m°C)
2949	0,52	0,18	6,50 x 10 ⁻³

Compressão simples e flexão. Fonte: ABIROCHAS & CETEM/MCT (2003)

Compressão simples (Mpa)	Flexão (MPa)
227,90	27,68

2.2.4. Calcário

O rocha clara presente na calçada musical (Figura 10) é um típico bloco poliédrico de mármore dolomítico, usado em pavimentos tipo petit-pavé. Sua coloração normalmente branca e a dureza relativa baixa tornam esta rocha apropriada para corte e entalhe.



Figura 10. Calcário presente na calçada musical de pedras portuguesas

Em relação ao petit-pavé, essa interessante calçada em mosaico utiliza-se das mesmas pedras que compõe o famoso calçadão de Copacabana. A técnica deste mosaico encontrada na Praça Garibaldi, por exemplo, deu corpo a vários estilos de expressão artística, como o Art Nouveau e o Movimento Paranista nos desenhos do pavimento (Liccardo *et al.*, 2008).

2.2.5. Granito migmatítico

O granito migmatítico (Figura 11), localizado no piso do monumento de Noel Rosa, foi analisado em campo e também em conjunto do Catálogo de Rochas Ornamentais do Brasil (ABIROCHAS & CETEM/MCT, 2003), a fim de compará-lo (Quadro 4). A rocha quando comparada com o granito vermelho, apresenta-se mais desgastada.

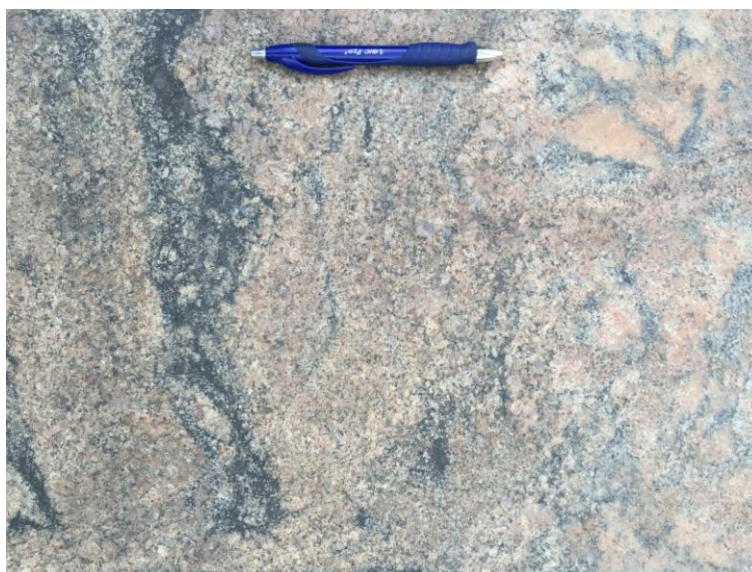


Figura 11. Granito migmatítico presente no piso do monumento de Noel Rosa

Esta rocha se assemelha com a rocha descrita por ABIROCHAS & CETEM/MCT (2003) pelo nome comercial de Granito Grampola, e, desta forma, utilizou-se suas características para efeito de comparação. A distribuição modal dos minerais é de microclínio (49%), quartzo (36%), plagioclásio (13%) e biotita e muscovita (2%). Ela é descrita como sendo um sienogranito por ABIROCHAS & CETEM/MCT (2003), uma rocha granítica de cor rósea a bege, com manchas escuras em forma de filonetes irregulares, por vezes contornando massas monominerálicas de cor rósea (k-feldspatos).

Tabela 4. Características e propriedades do granito migmatítico

Índices físicos. Fonte: ABIROCHAS & CETEM/MCT (2003)

Massa específica (Kg/m²)	Porosidade (%)	Absorção d'água (%)
2610	1,13	0,43

Compressão simples e flexão. Fonte: ABIROCHAS & CETEM/MCT (2003)

Compressão simples (Mpa)	Flexão (MPa)
110,54	20,08

2.2.6. Granito vermelho

O granito vermelho (Figura12), assim como as outras rochas, foi descrito em campo e, pela falta de informação sobre sua procedência, buscou-se no Catálogo de Rochas Ornamentais do Brasil (ABIROCHAS & CETEM/MCT, 2003) uma rocha semelhante, por comparação de imagens, cores e mineralogia, de forma com que fosse possível compará-lo e identificá-lo com uma das rochas utilizadas como ornamento no Brasil (Tabela 5).

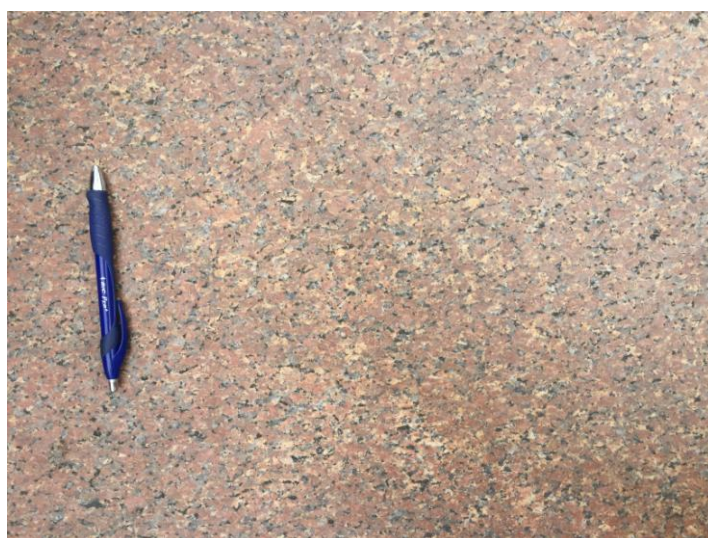


Figura 12. Granito vermelho

Sua composição mineral, de acordo com ABIROCHAS & CETEM/MCT (2003, distribui-se em microclina perítico (45%), quartzo (35%), plagioclásio (15%) e biotita (5%). A Rocha se assemelha a rocha identificada por ABIROCHAS & CETEM/MCT (2003) como um sienogranito com textura fanerítica de granulação fina a média, com megacristais esparsos de feldspatos e cor vermelho médio alaranjado, chamado comercialmente de Vermelho Capão Bonito.

Tabela 5. Características e propriedades do granito vermelho

Índices físicos. Fonte: ABIROCHAS & CETEM/MCT (2003)

Massa específica (Kg/m²)	Porosidade (%)	Absorção d'água (%)	Dilatação térmica linear (mm/m°C)
2635	0,56	0,21	10,00 x 10 ⁻³

Compressão simples, compressão após gelo/degelo e flexão. Fonte: ABIROCHAS & CETEM/MCT (2003)

Compressão simples (Mpa)	Compressão após gelo/degelo (MPa)	Flexão (MPa)
153,00	152,00	11,40

2.3. Utilização em Monumentos

2.3.1. Cantaria no Rio de Janeiro

No ano de 1549, a arte da cantaria foi introduzida no Brasil pela vinda de portugueses, e especificamente do mestre Luís Dias (Rodrigues *et al.*, 2004), que a disseminaram baseado na disponibilidade de rochas da cidade do Rio de Janeiro.

A presença de grandes maciços rochosos ao redor da área de baixada com manguezais e charcos figuram os padrões geológico e geomorfológico da cidade, e são fatores de grande relevância para a relação de dependência com as pedreiras e

seus produtos fornecidos, principalmente para com a indústria de construção civil (Almeida & Porto Junior, 2012).

A exploração destas antigas pedreiras foi de grande importância histórica no desenvolvimento urbano e populacional da cidade, levando em consideração a correlação do âmbito social e da indústria de extração de materiais pétreos, fazendo com que cada região da cidade apresente particularidades históricas relativas à exploração mineral (Almeida & Porto Junior, 2012).

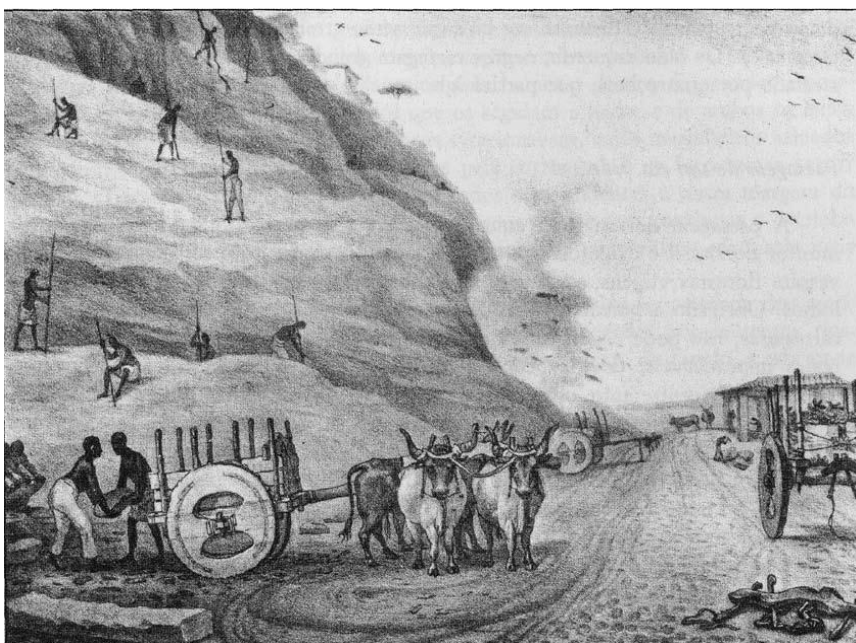


Figura 13. Pedreira em gnaiss facoidal no Morro da Glória, em gravura de Debet (1834-1839)

Informações sobre as pedreiras do Rio de Janeiro do início da colonização e meados do século XX são escassas, à medida que o monitoramento por parte do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) não havia se iniciado (Almeida & Porto Junior, 2012). As pedreiras de gnaiss facoidal do Morro da Glória (Figura 13), e em outras localidades como no sopé do Corcovado, no Catete e no centro da cidade, foram listadas e descritas por Jean Baptiste Debet em seu livro “Viagem Pitoresca e Histórica ao Brasil” (1834-1839), sendo exploradas para uso em cantaria.

De acordo com Almeida & Porto Junior (2012), durante o período colonial no Brasil utilizava-se predominantemente a técnica portuguesa de modelagem de solo

úmido conhecida como taipa por conta da necessidade de mão de obra especializada para extração, transporte e manuseio no uso de rochas como cantaria. A utilização das rochas ocorria principalmente como estruturas e ornamentos.



Figura 14. Exemplos de patrimônios que se utilizam de cantaria. (A) Igreja da Candelária; (B) Palácio da Geologia / DNPM; (C) Parque Lage; (D) Basílica Nossa Senhora de Lourdes. Fonte: (A) http://literaturaeriodedejaneiro.blogspot.com.br/2008/06/igrejas-historicas-do-centro-do-rio_24.html (acessado em 15 de fevereiro de 2015); (B) Kátia Mansur; (C) <http://www.riodejaneiroaqui.com/pt/parque-lage-palacete.html>(acessado em 15 de fevereiro de 2015); (D) própria do autor

Entretanto, no Rio de Janeiro a cantaria já era aplicada em maior escala (Figura 14), não só com função estética ou estrutural como em portais, molduras e colunas, mas também na construção de igrejas antigas (AZEVEDO, 1877; MELLO MORAIS, 1886), marcos históricos como o Aqueduto da Lapa e o Paço Imperial, e casas onde paredes eram construídas com fragmentos de rochas cimentadas com argamassa (Almeida & Porto Junior, 2012). No século XIX, ocorre também a

utilização de materiais pétreos para calçamento com a vinda da Família Real Portuguesa, no qual era feito "a partir de pedras extraídas dos flancos nus dos morros de granito" (Almeida & Porto Junior, 2012). Esse desenvolvimento urbanístico promoveu um interesse ainda maior pelas pedreiras como fonte de matéria-prima.



Figura 15. Fachada do Centro Cultural Banco do Brasil no centro do Rio de Janeiro em gnaiss facoidal. Fonte: Almeida & Porto Junior (2012)

O padrão das construções residenciais na cidade, principalmente na área central, assim como em prédios históricos tais quais igrejas, capelas, palácios e museus, é majoritariamente baseado no uso de gnaiss facoidal, devido a sua elevada dureza e resistência, sendo utilizado em pisos, paredes, portais, janelas, meio-fio, pilares, colunas e até mesmo delicadas esculturas (Figura15). A ausência de jazidas de mármore nas proximidades (Mansur *et al.*, 2008), a presença de gnaiss facoidal aflorando em morros da região central e da zona sul do Rio de Janeiro e o fato de ser a rocha mais recorrente em Niterói (ALMEIDA & PORTO JUNIOR, 2012), foram elementos de grande relevância para essa massificação do uso do gnaiss facoidal em construção civil.

Outra rocha bastante empregada como cantaria é o leptinito, que é uma rocha metamórfica composta por quartzo, plagioclásio, biotita e granada, de granulação fina e cor branca acinzentada (Figura 16). Também é possível encontrar granitos, mármore e calcários.

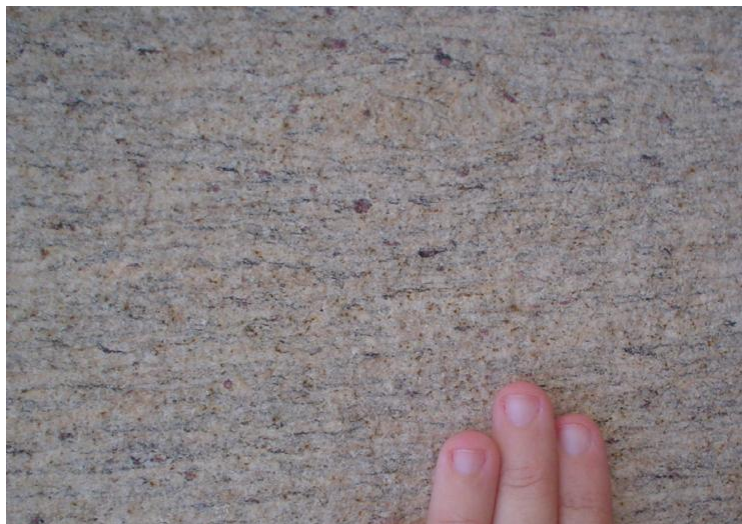


Figura 16. Leptinito em cantaria da Casa França- Brasil. Fonte: Almeida & Porto Junior (2012)

O conjunto arquitetônico do Rio antigo sofreu grandes perdas com o processo de urbanização no século XIX realizados pelo prefeito Pereira Passos, como, por exemplo a derrubada do Morro do Castelo e a destruição do berço histórico da cidade, que cederam espaço para o mercado imobiliário e a renovação da região com a construção de grandes prédios (ALMEIDA & PORTO JUNIOR, 2012). Este contínuo avanço da modernização na cidade continuou, e continua, a ameaçar estes patrimônios que ainda resistem às forças do tempo e do homem.

2.4. Monumentos no Rio de Janeiro

No Brasil, é possível encontrar esses registros históricos em monumentos e prédios, tais como igrejas, palácios, estátuas, calçadas e fortes espalhados por todo o país. Com alta relevância, esse importante parque arquitetônico torna-se um atrativo para a indústria turística e influencia economicamente as diferentes regiões do país.

A cidade do Rio de Janeiro, por ser uma das maiores cidades do país e por ter sido a capital do Brasil durante muito tempo, apresenta uma rica, e uma das mais importantes heranças de monumentos e prédios do período colonial e pós-colonial do Brasil (SILVA & SILVA, 2013). Todavia, com o passar do tempo e do desenvolvimento da cidade, muitos dos sítios históricos não perduraram e foram

destruídos pela ação do homem. Com o intuito de gerar um maior crescimento econômico da cidade, projetos urbanísticos foram realizados e acabaram por ignorar a importância histórica destas construções, que foram demolidas. Apesar destas perdas ao patrimônio da cidade, muitas outras construções históricas permanecem graças ao trabalho de órgãos do estado e municípios e de órgãos como o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), que se dedica a preservação do patrimônio histórico e cultural do país através de medidas que visam a conservação, proteção e monitoramento dos bens culturais brasileiros.



Figura 17. Palácio do Catete. Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Pal%C3%A1cio_do_Catete, (acessado em 15 de fevereiro de 2016)

Encontra-se, então, na cidade do Rio de Janeiro importantes monumentos relacionados a história do país que se utilizam do gnaisse facoidal e de outras rochas ornamentais como matéria-prima, e que hoje fazem parte do Patrimônio Histórico do Brasil. Um deles é o Palácio do Catete (Figura17), que foi construído entre 1858 e 1867, e foi onde a Presidência da República se instaurou durante 1896 e 1960, sendo palco de importantes eventos da história do país, tal como o suicídio do Presidente Getúlio Vargas (<http://museudarepublica.museus.gov.br/>, acessado em 29 de novembro de 2015).



Figura 18. Arquivo Nacional. Fonte:

<http://www.notariado.org.br/index.php?pG=X19leGliZV9ub3RpY2lhcw==&in=MTQwOA>
(acessado em 15 de fevereiro de 2016)

Vale citar também o prédio do Arquivo Nacional no centro da cidade (Figura18), que já foi sede da Casa da Moeda e hoje abriga um vasto acervo de documentos e itens que contam a história do país (<http://www.arquivonacional.gov.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?tpl=home>, acessado em 29 de novembro de 2015); o Centro Cultural Banco do Brasil - CCBB, inaugurado como Associação Comercial do Rio de Janeiro em 1906, foi sede do Banco do Brasil e hoje funciona como um centro cultural no centro da cidade (<http://culturabancodobrasil.com.br/portal/rio-de-janeiro/>, acessado em 29 de novembro de 2015); o Museu Nacional da Terra, conhecido como Palácio da Geologia e localizado no bairro da Urca, que possui um dos acervos de geologia e paleontologia mais ricos da América Latina, e é onde se instala o Serviço Geológico do Brasil (<http://www.cprm.gov.br>, acessado em 29 de novembro de 2015); além de diversas outras construções não menos importantes como o Museu Nacional, as fortalezas que protegem a entrada da Baía de Guanabara, o Museu de Belas Artes, as várias igrejas pela cidade entre outros.

2.5. Vila Isabel

2.5.1. História

O bairro de Vila Isabel, conhecido internacionalmente como “Berço do Samba” por sua musicalidade e carisma, é local de construção de monumentos e prédios importantes para a cultura da região. Vila Isabel é um bairro localizado na Zona Norte do Rio de Janeiro, se encontra confinado em um vale ladeado por colinas tais como o Morro dos Macacos e pelo rio Joana a sul e é vizinho aos bairros da Tijuca, Grajaú, Andaraí, Maracanã e Mangueira.



Figura 19. Praça Barão de Drumond e Boulevard 28 de Setembro no século XIX. Fonte: <https://blogdabn.wordpress.com/2015/05/31/rio-450-anos-bairros-do-rio-vila-isabel/> (acessado em 16 de fevereiro de 2016)

Conhecido anteriormente como Fazenda dos Macacos (Figura19), a área era arrendada por padres da Companhia de Jesus que se utilizavam de escravos para o cultivo de plantações de milho, cana, mandioca e frutas. Posteriormente, a Fazenda dos Macacos assim como todos os bens da Companhia de Jesus vieram a ser confiscados e incorporados à Coroa Lusa, levando a fazenda ao abandono. Com a Proclamação da Independência em 1822 a Fazenda foi incorporada pelo Império e

novamente abandonada quando D. Pedro I e sua esposa retornam a Europa em 1830. Apenas depois da retificação do Rio Joana e a diminuição das enchentes, a região passou a ser ocupada de forma desordenada e acelerada, sendo necessário inventariar a área. A partir de um levantamento cartográfico e dos bons resultados do comércio na região, João Batista Viana Drumond, mais conhecido como Barão de Drumond, decidiu projetar o bairro e comprar a Fazenda dos Macacos. A compra foi realizada no dia 3 de janeiro de 1872, dando origem ao bairro de Vila Isabel, que foi nomeado em homenagem à Princesa Isabel (Aragão, 1997).



Figura 20. Planta das ruas de Vila Isabel 1872. Fonte: Rose (2005)

O planejamento arquitetônico do bairro foi realizado pela Companhia Arquitetônica, fundada no Rio de Janeiro, e visava tornar o bairro semelhante a Paris, com linhas modernas e uma larga avenida arborizada no centro acabando numa praça(Figura 20). Desta forma surgem a Praça 7 de Março, hoje mais conhecida como Praça Barão de Drumond, nomeada em homenagem ao aniversário de instalação do gabinete de Visconde de Rio Branco, que atuou decisivamente na aprovação da Lei do Ventre Livre; e a Boulevard 28 de Setembro, que utiliza-se do nome Boulevard por ser uma avenida de estilo francês, e 28 de Setembro pois foi o dia em que a Lei do Ventre Livre foi assinada pela Princesa Isabel, estabelecendo que todos os filhos de escravos nascidos a partir daquela data seriam considerados livres (Aragão, 1997). As marcas de lutas e as raízes culturais dos negros africanos que trabalhavam no engenho como escravos são de

grande influência na cultura e história do bairro, servindo como fontes de inspiração aos poetas, compositores e escritores.

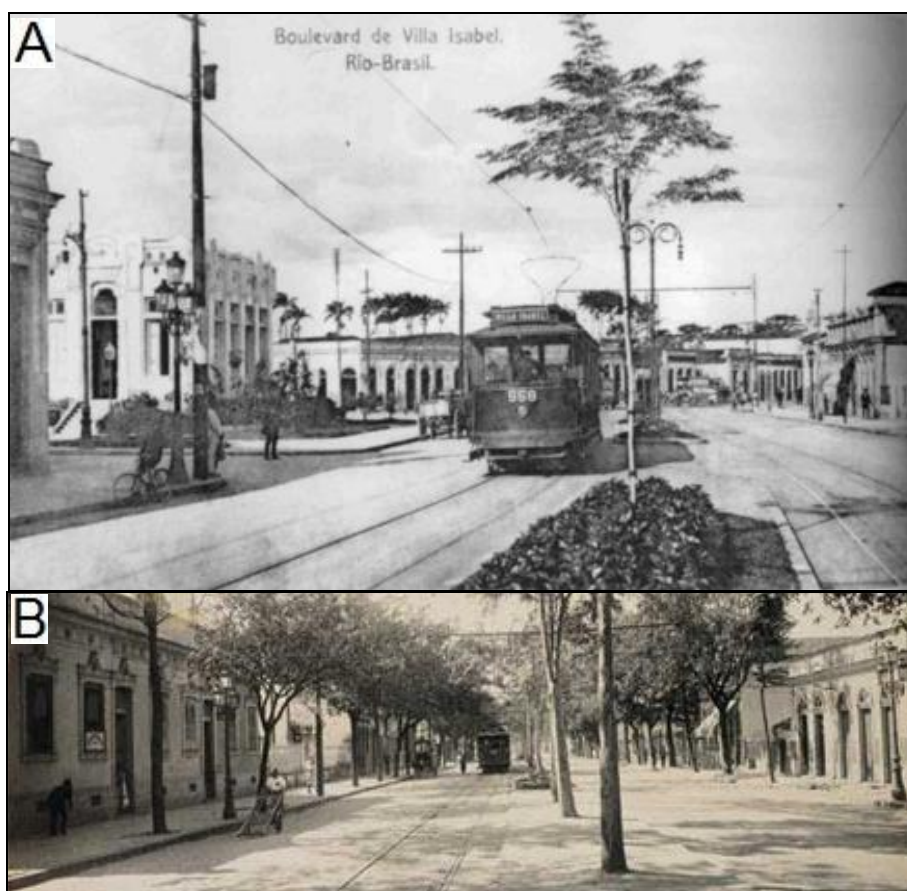


Figura 21. Boulevard 28 de Setembro antigamente quando havia o bonde ligando o bairro ao centro da cidade. Fonte: (A) http://www.viagensorioantigo.blogspot.com.br/2009_05_01_archive.html; (B) <http://www.omb100.com/riodejaneiro-vilaisabel/historia> (acessado em 16 de fevereiro de 2016)

Assim, o bairro passou por diversas transformações, desde a Fazenda dos Macacos até se tornar um bairro importante do Rio de Janeiro, graças ao Barão de Drumond (Figura 21). O progresso do bairro, de acordo com Aragão (1997), pode ser visto com a fundação da Companhia de Fiação e Tecidos Confiança Industrial (Figura 22) no dia 22 de abril de 1885, embora estivesse funcionando desde 1878. Considerada uma fábrica completa e de grande porte, ocupa grande área da rua Maxwell, onde foram construídas moradias para funcionários. A fábrica modernizou-se e passou por períodos de altos e baixos econômicos, sendo o de maior relevância o fato de ter sido a única fornecedora de tecidos para a confecção dos uniformes das Forças Armadas do Brasil durante a 2ª Guerra Mundial. A Fábrica

Confiança encerrou suas atividades definitivamente no ano de 1964, e atualmente a antiga fábrica está sendo arrendada e utilizada como um supermercado.

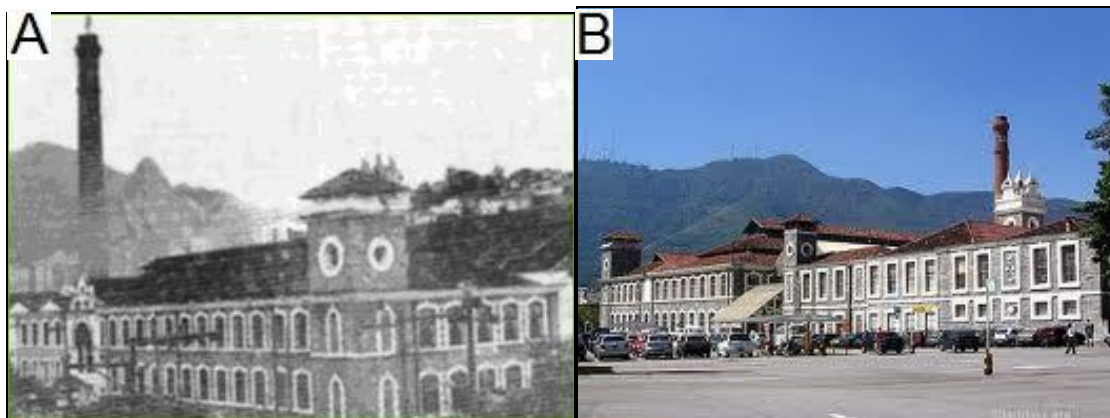


Figura 22. Companhia de Fiação e Tecidos Confiança Industrial antes (A) e depois (B).
Fonte: <http://geografiaetal.blogspot.com.br/2012/02/quando-as-cidades-abrigavam-suas.html> (acessado em 16 de fevereiro de 2016)

Também de grande importância para o bairro e situada em um morro, a Igreja de Santo Antônio de Lisboa se destaca na paisagem de Vila Isabel (Figura 23). Inaugurada no dia 13 de junho de 1902, se localiza no alto do morro na Rua Teodoro da Silva e é possível visitá-la subindo a escadaria na mesma rua (Rose, 2005).

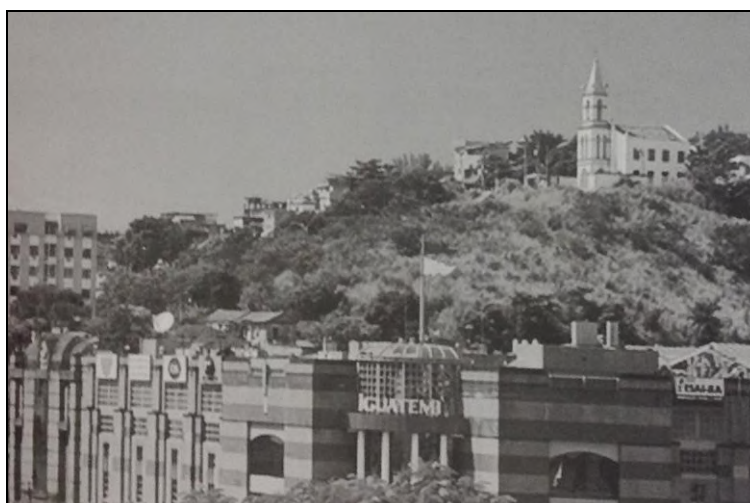


Figura 23. Igreja de Santo Antônio de Lisboa à direita em cima do morro e o antigo Shopping Iguatemi, agora Shopping Boulevard Rio, à frente. Fonte: Rose (2005)

Aliados às construções citadas, Vila Isabel ainda possui outros importantíssimos monumentos que representam a identidade do bairro e que foram os objetos de estudo deste trabalho, descritos a seguir.

2.5.2. Objetos de Estudo

2.5.2.1. Monumento de Noel Rosa

O monumento de Noel Rosa (Figura 24) foi inaugurado em 22 de março de 1996, e presta pela terceira vez uma homenagem da cidade e do bairro ao cantor e compositor (Aragão, 1997; Dias, 2010). Localiza-se no Largo do Maracanã, no cruzamento do início do Boulevard 28 de Setembro com a Rua São Francisco Xavier.

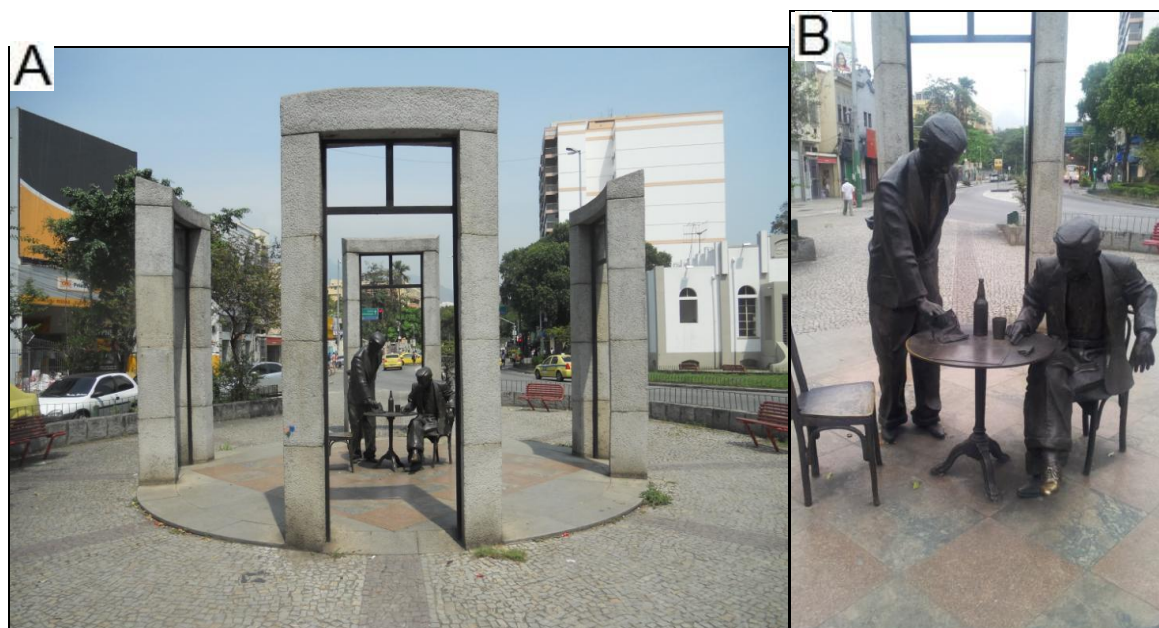


Figura 24. (A) Monumento de Noel Rosa; (B) monumento visto mais de perto

Para a estátua do compositor foi criado este largo pelo artista plástico Joás Pereira Passos, onde um conjunto de esculturas em bronze está disposto no centro de colunas formando portais de granito, que simulam a entrada de um botequim (Aragão, 1997; Dias, 2010). As Figuras, de corpo inteiro, são compostas por Noel Rosa sentado numa cadeira de bar com seu habitual cigarro entre os dedos, uma garrafa de cerveja, um copo e um maço de cigarro sobre a mesa (Figura 25). Ao seu lado um garçom o serve e uma cadeira vazia está disposta para visitantes se

sentarem e tirarem uma foto com Noel. Também sobre a mesa tem-se uma lauda de bronze com a letra do samba “Conversa de Botequim”. O piso em que se encontra a estátua é composto por placas de granito migmatítico e de granito vermelho dispostos em "xadrez" (Figura P).



Figura 25. Piso do monumento de Noel Rosa, composto por granito migmatítico e granito vermelho organizados em "xadrez"

2.5.2.2. Basílica Nossa Senhora de Lourdes

A Basílica Nossa Senhora de Lourdes, também referida neste trabalho apenas por Basílica (Figura 26) se localiza no Boulevard 28 de Setembro nº 200 e foi construída entre 1919 e 1943, segundo o projeto do arquiteto Antônio Virzi (Rose, 2005).

“Edificação de gosto eclético, conta com tratamento decorativo exuberante, requintado como se pode ver na guarnição dos vãos no tratamento escultórico e de baixos-relevos no frontão, nas pilastras, no campanário e em nichos escalonados na fronteira. Internamente, grandes vitrais e um revestimento de pastilhas coloridas compõem os espaços concebidos de acordo com o modelo clássico das igrejas: nave, capela-mor, sacristia e dependências” (Silva Telles, 1965).



Figura 26. Basílica Nossa Senhora de Lourdes

Anteriormente, entre os anos de 1900 e 1919, a Basílica atendia pelo nome capela de Nossa Senhora de Lourdes e se localizava numa colina próxima à Praça Barão de Drumond, ao final do Boulevard 28 de Setembro. Uma réplica da gruta de Lourdes, que se localiza na França, foi construída dentro da capela a pedido do Barão de Drumond, que foi o grande responsável pela transformação arquitetônica no bairro (Rose, 2005).

Em 1918, a capela foi então transferida para a sua atual localização no Boulevard 28 de Setembro, onde se deu início a sua construção no ano de 1919. Posteriormente, a sua antiga localização foi demolida para dar lugar à construção do Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda (Rose, 2005; Aragão, 1997).

A fachada da basílica assim como os muros e colunas do portão de entrada são compostos em sua maioria por gnaisse facoidal (Figura 27A), fazendo oposição à bibliografia que chama as rochas de granito (Rose, 2005; <http://www.nsl.org.br/home>). Dentro da área estudada, que se limita aos muros e colunas do portão de entrada, observou-se que uma das colunas é realmente composta por um granito semelhante ao encontrado no Monumento de Noel Rosa (Figura 27B), sendo explicada por funcionários da igreja como substituta da antiga coluna em gnaisse facoidal que foi danificada num acidente envolvendo um ônibus décadas atrás. Os funcionários da igreja também informaram que o gnaisse facoidal veio de uma pedreira que se localizava no Morro da Viúva, chamada Pedreira

Januzzi. Na parte interna tem-se um predomínio do uso de granitos, mármore e serpentinitos na ornamentação.



Figura 27. Colunas que compõem o portão de entrada da Basílica: (A) coluna de gnaisse facoidal; (B) coluna de granito

2.5.2.3. Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda

O Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda (Figura 28), também conhecido como Convento de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda ou apenas Mosteiro, como referido ao longo do trabalho, foi construído no alto de um morro que começa na Praça Barão de Drumond e termina antes da Rua Mendes Tavares, propiciando uma visão panorâmica da praça e da vizinhança (Rose, 2005). Edificado em linhas simples ele é considerado um símbolo do bairro de Vila Isabel (Aragão 1997).



Figura 28. Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda

Sua história se inicia com a construção da capela de Nossa Senhora da Conceição pela Ordem da Imaculada Conceição no século XVII, próximo à Lagoa de Santo Antônio, onde hoje é a Cinelândia (Figura 29). De acordo com a lenda popular, o nome Nossa Senhora da Ajuda originou-se, pois ao passarem em frente à capela carregando água, os escravos suplicavam: “Nossa Senhora, me ajude”. Diz-se também que a capela passou a funcionar como convento graças a um monge beneditino que viu naquela localidade a necessidade de acolher as mulheres que ali se instalaram (Aragão, 1997).

A construção do Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda tomou o lugar da capela de Nossa Senhora de Lourdes, que foi demolida e transferida para a nova igreja construída no Boulevard 28 de Setembro, atual Basílica Nossa Senhora de Lourdes. A pequena gruta de Lourdes do Barão construída dentro da capela foi preservada e posta em um jardim no centro do mosteiro (Aragão, 1997; Rose, 2005).

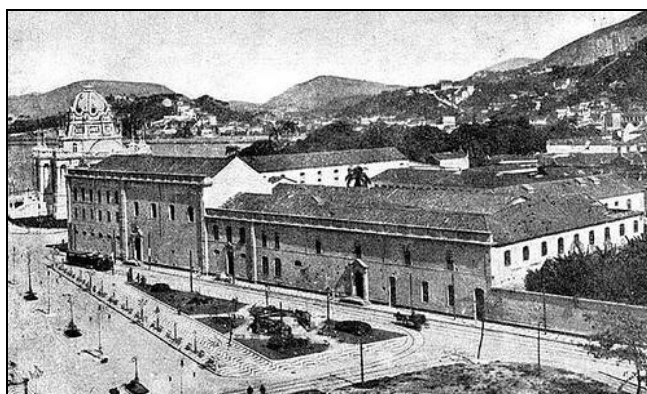


Figura 29. Mosteiro em sua antiga localização na Cinelândia, que foi posteriormente demolido. Fonte: http://provsjose.zip.net/frades/arch2009-03-01_2009-03-15.html (acessado em 16 de fevereiro de 2016)

O complexo religioso é dividido em várias partes: a igreja e a área onde os empregados podem circular (cozinha, lavanderia e etc.); o jardim onde se encontra a réplica da gruta de Nossa Senhora de Lourdes; e o espaço reservado aos aposentos das irmãs, onde o acesso é restrito às mesmas. Também é possível encontrar um pequeno cemitério onde são sepultadas as irmãs e uma pequena horta (Rose, 2005).



Figura 30. Fachada do Mosteiro: (A) coluna em gnaiss facoidal; (B) colunas de alvenaria; (C) muros e colunas em gnaiss facoidal

As colunas e muros da grade que separam o mosteiro da rua foram elaborados em gnaiss facoidal, com exceção de duas das colunas, que são compostas de alvenaria (Figura 30).

2.5.2.4. Calçada em mosaico de pedras portuguesas

2.5.2.4.1. História do calçamento com pedras portuguesas

Surgida no século XIX pela necessidade de desenvolvimento em infraestrutura imposta pelo crescimento desordenado em Portugal (Pimenta, 2008), a calçada portuguesa é um tipo de pavimentação consagrada e reconhecida internacionalmente por suas características decorativas em mosaico e pela sua funcionalidade, que a permite ser aplicada em diferentes escalas. É muito utilizada em espaços públicos de países como Moçambique, Brasil e Cabo Verde, que possuem identidade cultural bastante influenciada por Portugal (Santos, 2014), e em diversos outros países (Figura 31).

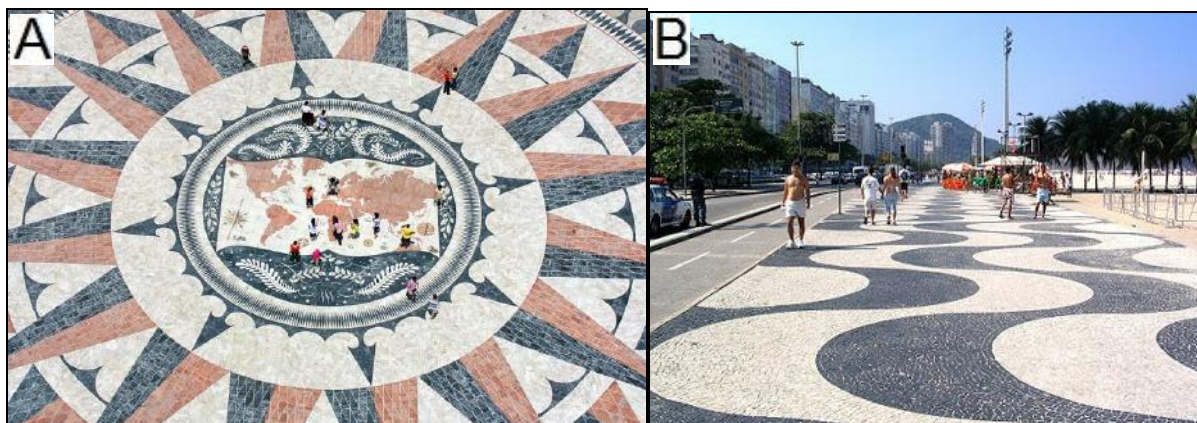


Figura 31. Exemplos de utilização do calçamento com pedras portuguesas: (A) Padrão dos Descobrimentos, Lisboa; (B) calçada de Copacabana, Rio de Janeiro. Fonte: (A) <http://www.vortexmag.net/origem-da-calcada-portuguesa-tudo-comecou-por-cao-de-um-rinoceronte/>; (B) <http://architetaandoverde.blogspot.com.br/2012/12/curiosidades-calcada-de-copacabana.html> (acessado em 16 de fevereiro de 2016)

Sua utilização consiste na pavimentação composta por pedras mais ou menos regulares presentes na região, principalmente basalto e calcário, que formam mosaicos de diferentes formas e padrões levando em consideração a disponibilidade de espaço. Estes mosaicos são apresentados das mais diversas formas, tais como caravelas, rosetas, ondas, formas geométricas, e etc. (Pimenta, 2008). Esta técnica é denominada *petit-pavé*.

A primeira aplicação deste tipo de calçamento artístico foi realizada no Castelo de S. Jorge em Lisboa (Figura 32) e logo se expandiu por Portugal, e posteriormente, pelo mundo, devido à experiência bem sucedida (Pimenta, 2008).



Figura 32. Primeira aplicação do calçamento com pedras portuguesas no Castelo de S. Jorge, Lisboa. Fonte: <http://roc2c.blogspot.com.br/2015/04/sugestao-de-fim-de-semana-visite-o.html> (acessado em 16 de fevereiro de 2016)

Assim, os mosaicos de pedras portuguesas passaram a ser não só um método de calçamento eficaz, mas também uma expressão cultural que evolui e manifesta-se em diferentes padrões e das mais variadas formas.

2.5.2.4.2. Calçadas Musicais de Vila Isabel

No ano de 1964, em meio à comemoração do IX centenário da cidade do Rio de Janeiro, o arquiteto, morador do bairro e membro do Lions Clube – Vila Isabel, Orlando Magdalena, expôs à diretoria e companheiros seu projeto de festejar os 400 anos da cidade no bairro de Vila Isabel. Sua ideia era de decorar as calçadas ao longo do Boulevard 28 de Setembro, desde o largo do Maracanã até a Praça Barão de Drumond, com pedras portuguesas brancas e pretas formando mosaicos com notas de musicais, nomes de compositores, suas músicas e instrumentos favoritos (Aragão, 1997; Rose, 2005) (Figuras 33 e 34).



Figura 33. Calçada musical de Vila Isabel em 1980. Fonte: <http://oglobo.globo.com/rio/rio-450/um-passeio-pela-historia-do-boulevard-vingte-oito-de-setembro-na-zona-norte-13010786>(acessado em 16 de fevereiro de 2016)



Figura 34. Calçada musical de Vila Isabel: (A) violão e a música "Luar do Sertão"; (B) música "A voz do violão" e início das partituras; (C) partituras; (D) violão

Incumbiu-se ao compositor Almirante a tarefa de selecionar as músicas a serem representadas, ao maestro Carioca foi dada a função de simplificar as partituras e a adaptação e decoração foram encarregadas ao arquiteto Hugo Ribeiro (Rose, 2008; Aragão, 1977). No Quadro 1, pode-se observar as músicas e o nome de seus compositores que Figuram a calçada musical.

Quadro 1: Músicas e autores expostos na calçada musical

Largo do Maracanã		
Quarteirão	Esquerdo	Direito
1º	<i>Cidade Maravilhosa</i> André Filho	
2º	<i>Abre Alas</i> Chiquinha Gonzaga	<i>A Conquista do Ar</i> Eduardo das Neves
3º	<i>Pelo telefone</i> Donga e Mano de Almeida	<i>Luar do Sertão</i> Catulo da Paixão Cearense e João Pernambuco
4º	<i>Mal-Me-Quer</i> Armando Reis, Cristóvão de Alencar e Newton Teixeira	<i>A voz do violão</i> Francisco Alves e Horácio Campos
5º	<i>Feitiço da Vila</i> Noel Rosa	<i>Chão de Estrelas</i> Sílvio Caldas e Orestes Barbosa
6º	<i>Ave Maria</i> Erotildes do Campos e Jonas Neves	<i>Linda Morena</i> Lamartine Babo
7º	<i>Aquarela do Brasil</i> Ary Barroso	<i>Na Pavuna</i> Homero Dornelas e Henrique Fóreis (Almirante)
8º	<i>Jura</i> José Barbosa da Silva (Sinhô)	<i>Primavera do Rio</i> João de Barro (Braguinha)
9º	<i>Florisbela</i> Antônio Nássara e Eratóstenes Frazão	<i>Apanhei-te, Cavaquinho</i> Ernesto Nazareth

10º	<i>Carinhoso</i> Pixinguinha e Braguinha	<i>Linda Flor (Yayá)</i> Henrique Vogeler e Luís Peixoto
Praça Barão de Drumond		

Fonte: Adaptado de Aragão, 1997; Rose, 2005

Com a sua inauguração, o bairro obteve grande reconhecimento pela cidade e pelo país, que o afamou como as “Calçadas Musicais de Vila Isabel” (Aragão, 1997).

2.6. Intemperismo, clima e formas de alteração

2.6.1. Intemperismo

As rochas, como materiais abióticos, estão suscetíveis a diversos processos e causas que as modificam e promovem a sua desagregação e decomposição ao longo do tempo. Desta forma, é necessário compreender que a alterabilidade das rochas engloba dois fatores de grande importância: os fatores do próprio material – intrínsecos – e os fatores do ambiente em que a rocha se encontra – extrínsecos (Rieck, 2001).

Os fatores intrínsecos estão diretamente relacionados às características inerentes das rochas, tais como a sua mineralogia, textura e composição química, enquanto que os fatores extrínsecos estão associados a agentes externos, representados pelo clima e seus principais agentes, citados por Broto (2005) como sendo a água, os sais solúveis, organismos vivos e contaminação atmosférica, incluindo nos mesmos a ação antrópica.

Aires-Barros (1991) divide estes fatores extrínsecos, que levam em consideração o ambiente em que a rocha empregada no monumento se encontra, em fatores constantes – definidos pelo microclima, e fatores aleatórios – físicos e químicos. Assim, os fatores constantes são entendidos como relacionados à abordagem climática e agentes atmosféricos a eles ligados, tais quais a umidade relativa do ar, temperatura do ar, pressão atmosférica, insolação, ponto de orvalho, chuvas, conteúdo da atmosfera e ventos. Em relação direta com os agentes físicos e químicos, os fatores aleatórios podem ser divididos da seguinte forma:

- Fatores físicos: relacionados aos fenômenos naturais – sismos, erupções vulcânicas, etc. e vibracionais – tráfego, sinos e concertos musicais.
- Fatores químicos: compreendem as reações químicas de oxidação, hidrólise, dissolução, hidratação e redução.

Além destes, antigamente havia os fatores biológicos, porém, atualmente, esta separação foi abolida e incorporada nos fatores físicos e químicos, tratando de micro e macrorganismos – bactérias, fungos, algas, líquens, vegetação e animais, que causam degradação das rochas. A principal causa de alteração envolvendo organismos em rochas ornamentais é de aves (pombos) e mamíferos (morcegos) que depositam excrementos e urina sobre a superfície dos materiais causando reações químicas.

Neste trabalho, pode-se assumir que os agentes externos que exercem maior influência para o intemperismo dos monumentos são os fatores que abrangem o clima da região e uma associação de fatores antrópicos, que vão de depredação direta da rocha a formas mais indiretas, como a poluição liberada por veículos, pela indústria e atividades diversas.

2.6.2. Clima no Rio de Janeiro

O Rio de Janeiro é uma cidade litorânea de clima tropical atlântico que varia de acordo com diferentes altitudes, vegetação e proximidade com o oceano. Apresenta temperaturas médias anuais variando entre 19°C e 31°C (Figura 35) e precipitação anual média entre 1100 e 1800 milímetros (Figura 36), sendo mais concentrada durante o período de novembro e março.

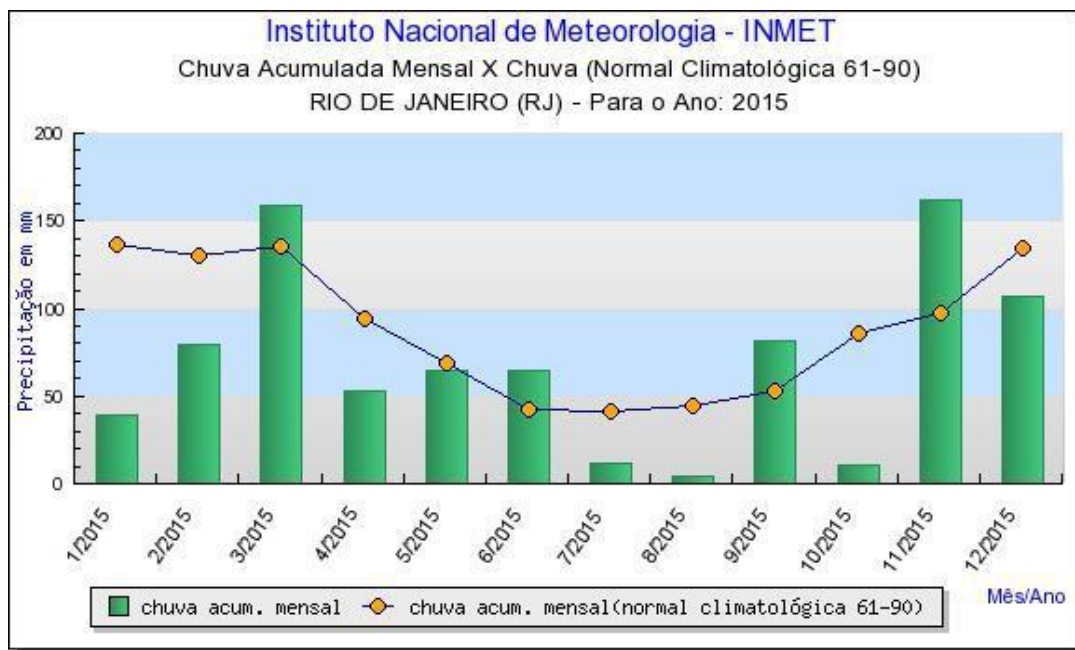


Figura 35. Variação da precipitação ao longo do ano de 2015 para a cidade do Rio de Janeiro. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMet), <http://www.inmet.gov.br/portal/>



Figura 36. Variação da temperatura do ano de 2010 até o início de 2016 para a cidade do Rio de Janeiro. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMet), <http://www.inmet.gov.br/portal/>

De acordo com Frascá (2002), este clima tropical com altas temperaturas e umidade são uma das principais causas de degradação dos materiais rochosos, onde a água é o grande agente do intemperismo químico (Figura 37).

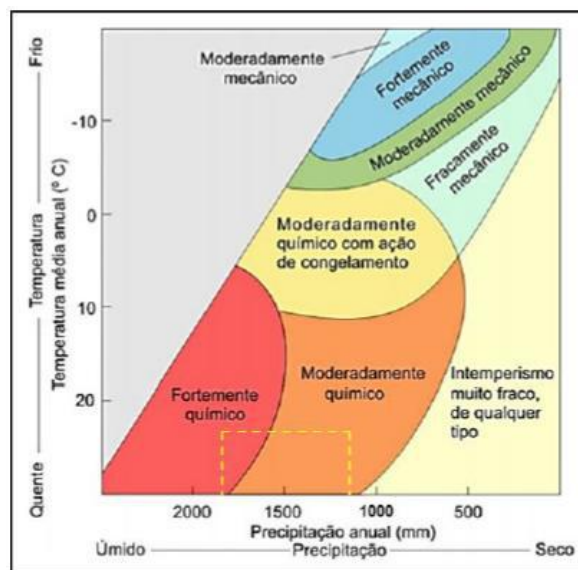
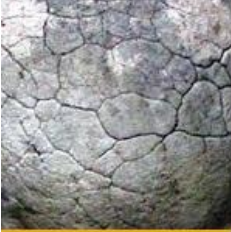






Figura 37. Correlação entre precipitação e temperatura anuais com processos intempéricos dominantes. Destaque da área tracejada em amarelo que corresponde as condições no Rio de Janeiro. Fonte: Frascá (2003)

Vale ressaltar a importância que o regime de ventos tem para a dispersão de poluentes atmosféricos devido à queima de combustível de automóveis. O regime de ventos da região metropolitana da cidade tem direção preferencial que varia entre nordeste e sudoeste, e sofre grande influência do oceano Atlântico, das baías da Guanabara e de Sepetiba, da topografia e da estrutura urbana da cidade (Jourdan, 2007).

2.6.3. Formas de alteração

As rochas, estando *in situ* ou *ex situ*, são submetidas aos fatores inerentes das mesmas e aos fatores externos que compõe o ambiente em que estão inseridas. Estas diferentes características das rochas e do ambiente são responsáveis pela ocorrência dos processos de intemperismo e alteração das rochas, que podem se apresentar de diversas formas.

				
CRACK & DEFORMATION FISSURE & DÉFORMATION	DETACHMENT DÉTACHEMENT	FEATURES INDUCED BY MATERIAL LOSS FIGURES INDUITES PAR UNE PERTE DE MATIÈRE	DISCOLORATION & DEPOSIT ALTÉRATION CHROMATIQUE ET DÉPÔT	BIOLOGICAL COLONIZATION COLONISATION BIOLOGIQUE
CRACK . FISSURE Fracture . Fracture Star crack . Fissuration en étoile Hair crack . Microfissure Craquele . Craquellement Splitting . Chirage	BLISTERING . BOURSOULFURE BURSTING . ECLATEMENT DELAMINATION . DÉLITAGE Exfoliation . Exfoliation DISINTEGRATION . DÉSAGRÉGATION Crumbling . Emiettement Granular disintegration . Désagrégation granulaire Powdering, Chalking . Pulvéulence, Farinage Sanding . Désagrégation sableuse Sugaring . Désagrégation saccharoïde	ALVEOLIZATION . ALVÉOLISATION Coving . Creusement EROSION . ÉROSION Differential erosion . Erosion différentielle Loss . Perte : of components . de constituants of matrix . de matrice Rounding . Erosion en boule Roughening . Augmentation de rugosité	CRUST . CROÛTE Black crust . Croûte noire Salt crust . Croûte saline DEPOSIT . DÉPÔT DISCOLOURATION . ALTÉRATION CHROMATIQUE Colouration . Coloration Bleaching . Décoloration Moist area . Assombrissement dû à l'humidité Staining . Tache	BIOLOGICAL COLONIZATION . COLONISATION BIOLOGIQUE ALGA . ALGUE LICHEN . LICHEN MOSS . MOUSSE MOULD . MOISSURE PLANT . PLANTE
DEFORMATION . DÉFORMATION	FRAGMENTATION . FRAGMENTATION Splintering . Fragmentation en esquilles Chipping . Epaufrage PEELING . PELAGE SCALING . DESQUAMATION Flaking . Ecaillage Contour scaling . Desquamation en plaque	MECHANICAL DAMAGE . DÉGÂT MÉCANIQUE Impact damage . Trace d'impact Cut . Incision Scratch . Rayure Abrasion . Abrasion Keying . Bûchage MICROKARST . MICROKARST MISSING PART . PARTIE MANQUANTE Gap . Trou PERFORATION . PERFORATION PITTING . PITTING	EFFLORESCENCE . EFFLORESCENCE ENCRUSTATION . ENCRÔTEMENT Concretion . Concrétion FILM . FILM GLOSSY ASPECT . ASPECT LUISANT GRAFFITI . GRAFFITI PATINA . PATINE Iron rich patina . Patine ferrugineuse Oxalate patina . Patine d'oxalates SOILING . ENCRASSEMENT SUBFLORESCENCE . SUBFLORESCENCE	

Quadro 2. Organização esquemática das diferentes morfologias de alteração das rochas.
Fonte: modificado de ICOMOS-ISCS (2008)

As morfologias de alteração são divididas por ICOMOS (2008) nas famílias: deformação e quebra; destacamento; característica induzida por perda de material; descolorização e depósito; e colonização biológica (Figura 38). Estas por sua vez são subdivididas em fissura, fratura, desintegração, abrasão, crosta negra, descoloração, colonização por algas e etc.

Estas divisões das feições de alteração visam classificá-las de uma forma unificada, facilitando a identificação das feições de alteração, de modo que as suas causas e efeitos sejam estudadas com maior eficácia.

2.6.3.1. Alteração antrópica ao patrimônio

As rochas, que compõem grande parte dos monumentos, são afetadas pelos processos de intemperismo químico e físico que atuam dependendo das condições climáticas da região. Sendo assim, a alteração e a degradação podem resultar em

intemperismo natural. Entretanto, a ação do homem constitui um outro elemento que vem acelerando e/ou ocasionando este processo.

Num ambiente altamente urbano como a cidade do Rio de Janeiro, a influência e ação antrópica são grandes fontes de alteração de rochas ornamentais. Desta forma, poluentes liberados por automóveis e por indústrias, principalmente os encontrados em suspensão na cidade como o dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio e o dióxido de carbono, se dissipam, precipitam e podem reagir com o vapor d'água gerando chuvas ácidas (Jesus, 1996).

Esta interação dos poluentes com a água é grande causadora dos ataques químicos às rochas visto que a água age como solvente dos poluentes, como agente transportador do produto destas reações e até como sendo o próprio produto das reações (Zivica & Badja, 2001), alterando gradualmente os materiais pétreos com a perda de resistência pelo aumento da porosidade.

A depredação física, que ocorre principalmente na forma de perda de massa, com o tráfego de pessoas, com o vandalismo, com as pichações, e até mesmo com o ácido úrico da urina de pessoas e animais que urinam nos monumentos, são causas muito comuns de danificação direta aos patrimônios históricos nas cidades (Ribeiro *et al.*, 2014; Ricardo, 2015).

A combinação destes agentes de alteração tem um grande potencial de degradação dos materiais pétreos quando associados com os fatores climáticos da região, com os fatores intrínsecos da rocha, como a sua composição e estrutura, e com o tempo de atuação destas variáveis (Frasca, 2003).

Deste modo, o processo de alteração das rochas, que é um regime natural no ciclo de vida das mesmas, acaba por operar de forma potencializada nos meios que sofrem influência da atividade do homem, em especial as rochas ornamentais dos patrimônios presentes nos meios urbanos.

Estas ações, vistas como atos de vandalismo ao patrimônio público e, certas vezes encaradas como formas de protesto, evidenciam a falta de conhecimento e de valorização da importância do patrimônio cultural para a sociedade. Prova-se desta forma a necessidade de educação patrimonial da população por meio da disseminação de informação e do estímulo à valorização do espaço no qual pertencemos como sociedade (Grossi e Del Lama, 2012).

Para alcançar esta inclusão social, e como resultado conseguir uma redução da degradação do ambiente e dos patrimônios, é necessário o diagnóstico sobre os processos naturais e o papel do homem neste ciclo. Com isto pode-se alcançar uma lucidez quanto ao local em que vivemos e suas especificidades, e sendo capazes, assim, de tornar possível uma real mudança no comportamento coletivo que propicie melhores condições para as futuras gerações. Logo, é de grande importância que exista uma educação inclusiva e pertencente do lugar em que vivemos, no qual seja possível um aprendizado que nos conecte ao nosso mundo, ao ambiente e aos outros, nos encarregando de cuidá-los e proporcionando uma conscientização ambiental e patrimonial (Tolentino *et al.*, 2012).

3. Metodologia

Os métodos e ensaios realizados neste trabalho podem ser resumidos na Quadro 3 abaixo.

Quadro 3. Métodos utilizados em cada monumento

Monumento		Métodos Utilizados						
		Mapeamento de Danos	Água de Lavagem	Dureza	FRX	Colorimetria	Velocidade de Ondas Ultrassônicas	Absorção com tubo de Karsten
Monumento de Noel Rosa	Pilastras	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	Piso			✓		✓		
Basílica Nossa Senhora de Lourdes		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Calçadas Musicais	Calçamento Português			✓		✓		
	Meio-fio			✓				

3.1. Localização

A área de estudo se localiza no bairro de Vila Isabel, na zona norte da cidade do Rio de Janeiro (Figura 38). Os objetos estudados são encontrados na área de maior movimento do bairro de Vila Isabel, o Boulevard 28 de Setembro, que liga a região do Maracanã à Praça Barão de Drumond, um dos pontos centrais do bairro.

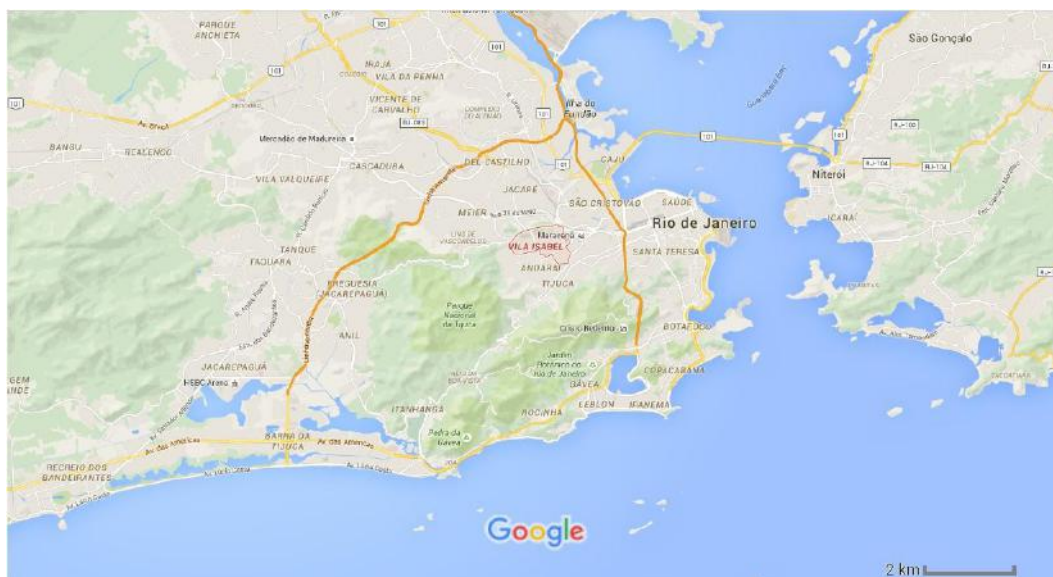


Figura 38. Localização do bairro de Vila Isabel. Acessado em Google Maps

Na Figura 39, é possível observar o monumento de Noel Rosa no início do Boulevard 28 de Setembro, ao passo que a Basílica Nossa Senhora de Lourdes se encontra por volta do meio da extensão do Boulevard e o Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda é encontrado ao fim da mesma, já na Praça Barão de Drumond. A calçada musical em pedra portuguesa foi construída ao longo de toda a extensão do Boulevard 28 de Setembro.

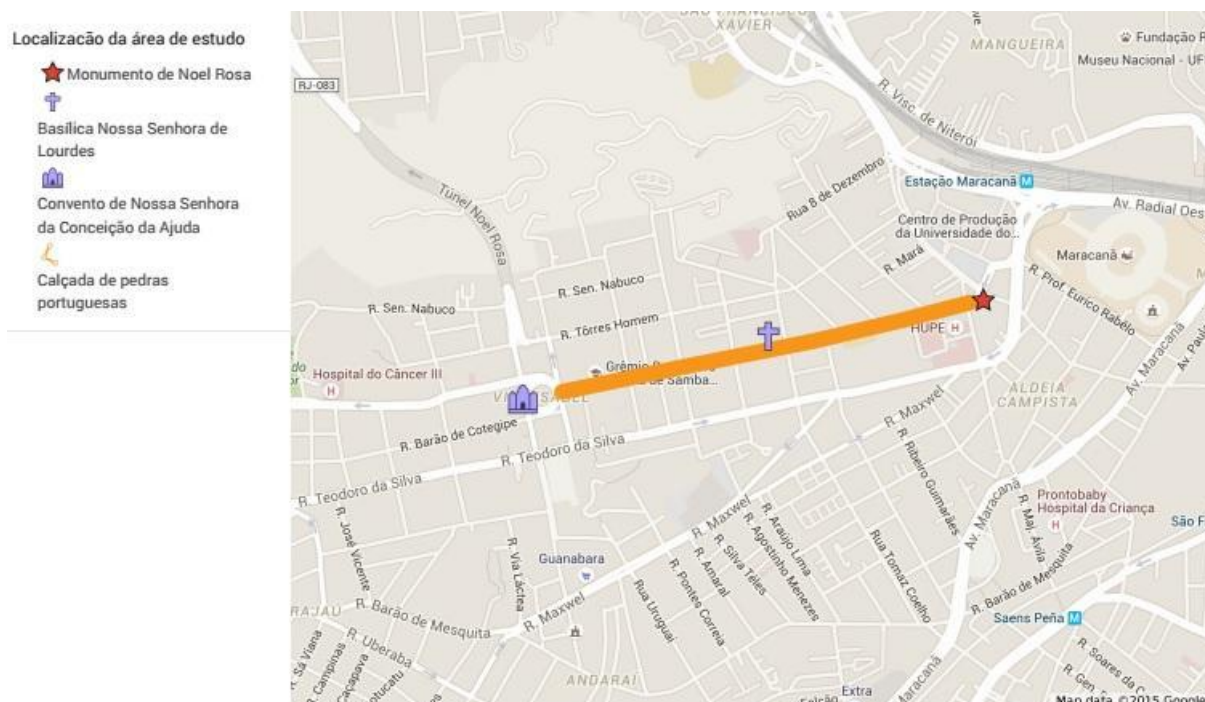


Figura 39. Localização dos objetos de estudo no bairro de Vila Isabel. Adaptado do Google Maps

3.1.1. Localização de pontos

Para melhor entendimento e propiciar a melhor localização dos monumentos, foram distribuídos pontos de análise e coleta aos quais foram atribuídos números.

No monumento de Noel Rosa, os pontos foram numerados nas colunas dos arcos de 1 a 8, a contar pelas colunas de direção NNW, em sentido horário (Figura 40), e em pontos distribuídos no piso do monumento (Figura 41).



Figura 40. Distribuição dos pontos nos arcos do Monumento de Noel Rosa

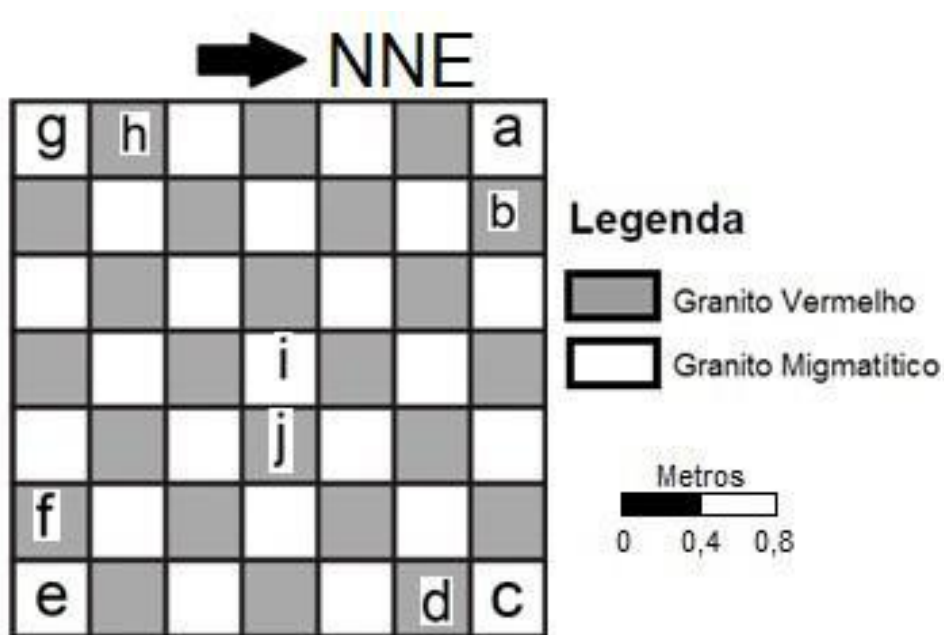


Figura 41. Localização dos pontos “a”, “b”, “c”, “d”, “e”, “f”, “g”, “h”, “i” e “j” no piso do Monumento de Noel Rosa

Na Basílica de Nossa Senhora de Lourdes, os pontos foram atribuídos na parte frontal do muro e colunas como mostra a Figura 42, de forma que fossem bem distribuídos, assim como a orientação dos mapeamentos de danos.



Figura 42. Distribuição de pontos e na Basílica de Nossa Senhora de Lourdes e orientação utilizada no mapeamento de danos

A atribuição de pontos no Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda foi, assim como na Basílica, de forma tal que houvesse uma boa distribuição espacial no monumento (Figura 43). Vale ressaltar que duas das pilastras no Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda são de alvenaria.

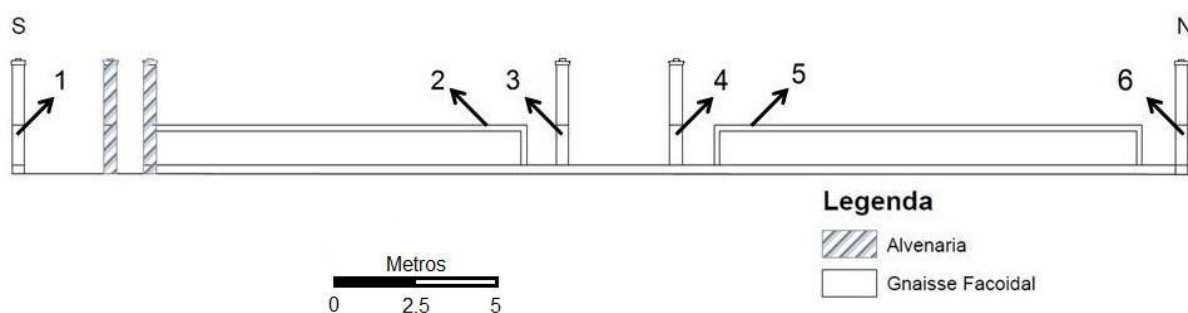


Figura 43. Distribuição de pontos medidos no Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda

3.2. Mapeamento de danos

Este método consiste na realização do mapeamento das feições de alteração presentes nas rochas do objeto de estudo, avaliando e quantificando a disposição e distribuição das mesmas.

Para este trabalho, foi realizado o mapeamento de danos das partes da frente e de trás dos portais do monumento de Noel Rosa, da parte da frente e de trás dos muros e das colunas de entrada da Basílica Nossa Senhora de Lourdes e dos muros e colunas de entrada do Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda.

Na confecção do mapa de danos utilizaram-se fotos das localidades estudadas e suas medições para que fosse possível a sua digitalização e a elaboração de *croquis* a serem usados em campo. Os *croquis* foram produzidos através do *software Inkscape Vector Graphics Editor*, onde as fotos serviram de base para criar os contornos e localizar espacialmente os muros, colunas e as demais características dos objetos estudados.

Fazendo o uso destes *croquis* e do glossário ilustrado “Illustrated glossary on stone deterioration patterns/Glossaire illustré sur les formes d’altération de lapierre” (ICOMOS, 2008), que foi a referência na denominação das feições de alteração caracterizadas *in loco*, realizou-se o trabalho de campo, que consistiu na observação das feições de alterações e na sua representação nos *croquis* com diferentes cores de lápis de colorir.

Com os mapas de alteração prontos e escaneados efetuou-se a digitalização dos mesmos com o auxílio do *software* ArcGIS versão 10, que é um programa comumente usado para a análise e produção de mapas. As rochas e feições de alteração foram delimitadas e transformadas em polígonos para que fosse possível sua classificação e a criação de legendas. Desta forma, com todos os dados delimitados e classificados, uniram-se as informações sobre as litologias, alterações, legendas e escalas, produzindo os mapas finais.

Graças a estes dados também foi possível calcular a porcentagem da área das feições de alteração, compondo assim gráficos.

3.3. Coleta de água de lavagem

A coleta de água de lavagem foi realizada com o intuito de colher amostras contendo material incrustado nas rochas, considerados como poluentes. Foram utilizados frascos plásticos estéreis com tampas à prova de vazamento, um picete contendo água destilada e uma escova de cerdas macias.

Foram lavadas porção das rochas dos monumentos jogando-se água destilada do picete e esfregando a região com a escova. Em seguida utilizou-se o picete com

água destilada para lavar a escova contaminada e armazenou-se o líquido coletado nos frascos.

A lavagem foi realizada no monumento de Noel Rosa nos pontos 1, 3, 5 e 7, nos pontos 1, 3, 4 e 6 na Basílica Nossa Senhora de Lourdes, e por fim, nos pontos 1, 2, 5 e 6 no Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda.

A água foi analisada pelo método de cromatografia iônica pela coordenação de Análises Mineraias - COAM do Centro de Tecnologia Mineral (CETEM).

3.4. Dureza

A dureza é um componente físico ligado diretamente à resistência de materiais que é muito importante na caracterização de alteração de rochas e minerais visto o conhecimento destas características dos materiais são. Para medir este componente foi utilizado o aparelho Equotip3 da marca Proceq, que é um aparelho portátil de técnica não destrutiva (Figura 44).



Figura 44. Aparelho portátil Equotip3 utilizado em campo para a medição de dureza. Fonte: <http://www.proceq.com/nondestructivetestequipment/metal-testing/obsolete-products/equotip-3.html?pqr=2> (acessado em 15 de dezembro de 2015)

A medição se deu através de um método dinâmico, onde se colocou o aparelho de impacto no objeto de estudo e aperta-se o gatilho, liberando uma esfera de metal localizada dentro do aparelho que bate na superfície do objeto de estudo.

Com isto, o aparelho se utiliza da razão da velocidade de ricochete da esfera na superfície do objeto e da velocidade de impacto para calcular a dureza (Proceq, 2007).

O teste foi realizado 3 vezes em cada ponto, utilizando a sua média como resultado final. Os pontos amostrados foram os pontos 1, 2, 3, 4, 5 e 6 do monumento de Noel Rosa, os pontos 1, 2, 3, 4, 5 e 6 da Basílica Nossa Senhora de Lourdes, os pontos 1, 2, 3, 4, 5 e 6 do Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda e os pontos localizados ao longo da calçada musical, onde cada ponto apresenta uma medida para o basalto e outra para o calcário, assim como no meio-fio.

3.5. Avaliação química com FRX portátil

Avaliar a composição química das rochas a serem estudadas se faz necessário à medida que esta característica dos minerais está relacionada à alteração das rochas e às feições de alteração presentes.



Figura 45: FRX portátil da marca Bruker utilizado na aquisição de dados em campo

Deste modo, verificou-se a composição química das rochas dos monumentos através do aparelho da marca *Bruker* (Figura 45), que se utiliza de uma técnica não destrutiva em que Raios X são direcionados ao objeto de estudo para obtenção do resultado.



Figura 46: Uso do equipamento de FRX portátil na coluna do Mosteiro Nossa Senhora da Conceição da Ajuda

Para este trabalho a avaliação química foi realizada 3 vezes em cada ponto, utilizando a sua média como resultado final nos pontos 1, 3, 5 e 7 do monumento de Noel Rosa, nos pontos 1, 3, 4, 6, 11 e 12 da Basílica Nossa Senhora de Lourdes, e no Mosteiro Nossa Senhora da Conceição da Ajuda nos pontos 1, 2, 3, 4, 5 e 6 (Figura 46).

3.6. Colorimetria

Para medição do índice de cor das rochas dos monumentos, e fazer possível a comparação das rochas alteradas com rochas não alteradas ou de índices encontrados na bibliografia, realizou-se esta medição com o auxílio do *Spectro-Guide Sphere Gloss* da marca BYK, que é um colorímetro portátil. Esta também faz uso de uma técnica não destrutiva (Figura 47).



Figura 47. Aparelho portátil *Spectro-Guide Sphere Gloss* utilizado em campo. Fonte: Ricardo (2015)

As medições se deram pela aquisição de três valores por ponto e da média destes para obter um resultado com menor desvio, sendo também realizadas calibrações do aparelho sempre que necessário.

Os resultados da leitura são vistos no visor LCD do aparelho, que fornece valores relativos aos eixos das cores verde a vermelho – eixo a^* –, azul a amarelo – eixo b^* – e luminosidade – eixo L^* –, que representa a variação entre escuro e claro (Figura 48).

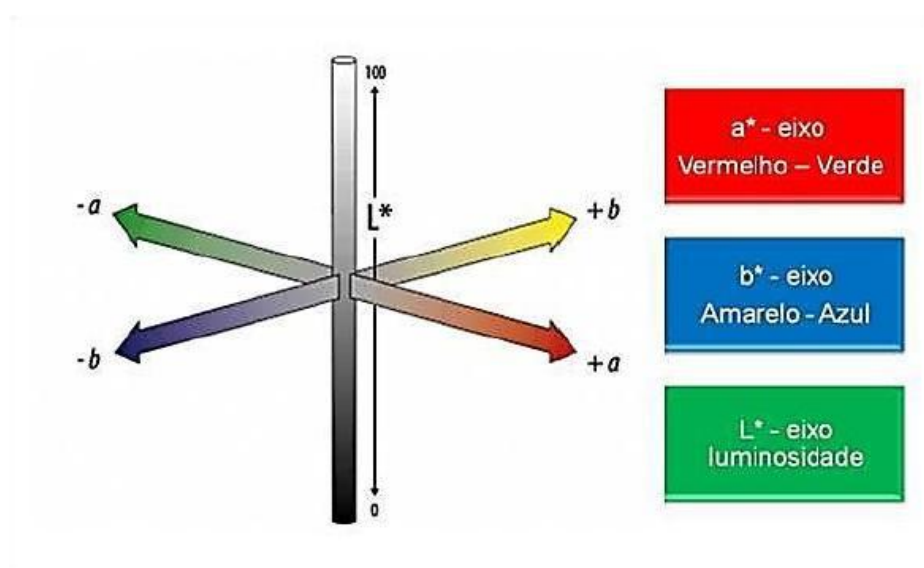


Figura 48. Eixos 3D usados para interpretação dos valores obtidos a partir de análise colorimétrica em campo. Fonte: Ricardo (2015)

Os resultados obtidos são plotados em um gráfico com os três eixos anteriormente mencionados, onde se observa a distribuição de cores preferenciais dos pontos, podendo compará-las entre si afim de encontrar tendências com as cores de rochas sãs e/ou da bibliografia.

Deste modo, foi realizada a medição de cor e brilho nos pontos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 (portais) e nos pontos "a", "b", "c", "d", "e", "f", "g", "h", "i" e "j" (piso) do Monumento de Noel Rosa, nos pontos 1, 2, 3, 4, 5 e 6 da Basílica Nossa Senhora de Lourdes, nos pontos 1, 2, 3, 4, 5 e 6 do Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda e nos pontos localizados ao longo da calçada musical, onde cada ponto apresenta uma medida para o basalto, para o calcário, e para o meio-fio.

3.7. Velocidade de propagação de ondas ultrassônicas

Regulamentado pela norma americana D2845 (ASTM, 1990), este ensaio determina a medida de velocidade de propagação de ondas ultrassônicas longitudinais (V_p), podendo ser aplicado na determinação de propriedades físicas como o grau de porosidade, fissuramento, de alteração e coesão de rochas e outros materiais tais como madeira e concreto. A vantagem do uso deste método para caracterização mecânica é que o mesmo não é destrutivo, sendo de grande valia para rochas ornamentais e em patrimônios.



Figura49. *Portable Ultrasonic Non Destructive Indicator Tester (PUNDIT)*

Neste trabalho, utilizou-se o *Portable Ultrasonic Non Destructive Indicator Tester* (PUNDIT) para determinar a velocidade de propagação de ondas longitudinais (Figura 49). O aparelho opera com o auxílio de dois transdutores de 54 kHz, com possibilidade de medidas que variam de 0,1 μ s a 7930 μ s e é alimentado por uma bateria interna ou alimentação elétrica. Os disparos foram realizados automaticamente por meio de um oscilador de cristal de 10 MHz, cuja precisão é da ordem de $\pm 0,1 \mu$ s (Proceq, 2014).

Quadro 4 - Determinação da frequência a ser utilizada

Frequência	Comprimento de onda	Dimensão lateral mínima
24 kHz	154 mm	77,0 cm
54 kHz	68,5 mm	34,25 cm
150 kHz	24,7 mm	12,35 cm
250 kHz	14,8 mm	7,4 cm
500 kHz	7,4 mm	3,7 cm

Fonte: Adaptado de Proceq (2014)

As medições foram atribuídas aos monumentos de formas distintas, porém levando em conta o mesmo método de aplicação. Primeiramente, foi necessária a determinação da distância entre as faces medidas nas colunas de rocha, que é essencial para o cálculo da velocidade das ondas. Em seguida, estimou-se a dimensão lateral das faces a serem medidas com o auxílio de uma trena, tornando possível o cálculo da frequência das ondas a ser usada. De acordo com a norma D2845 (ASTM, 1990), para medições ultrassônicas em rochas, esta dimensão lateral deve ter valor mínimo de 5 vezes o comprimento da onda utilizada, sendo a frequência definida de acordo com o Quadro 4.

Procurou-se medir a velocidade de ondas ultrassônicas tanto nas faces frontais e laterais, para que as direções de possíveis feições de alteração fossem estimadas (Figura 50).



Figura 50. Medição de velocidade ultrassônica em um dos portais do Monumento de Noel Rosa

As medições sucederam-se no Monumento de Noel Rosa em dois pontos de cada face das colunas (frontal e lateral) 1, 3, 5 e 7. Na Basílica Nossa Senhora de Lourdes, as medições se limitaram aos pontos 3, 4, 11 e 12 , enquanto que no Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda mediu-se apenas as laterais de 3 e 4.

3.8. Ensaio de absorção com tubo de Karsten (RILEM II.4)

O ensaio de absorção com tubo de Karsten foi realizado com o intuito de avaliar o grau de resistência do material rochoso à passagem de água, estando a rocha alterada ou não, através da medição do tempo com que a água se desloca pelos poros do material a ser ensaiado de acordo com a norma RILEM (*Reunion Internationale des Laboratoires D'essais et de Recherches sur les Materiaux et les Constructions*).

A realização do ensaio ocorre através da medição através de um tubo de plástico ou de vidro, conhecido como tubo de Karsten, para medir a absorção da água na vertical ou horizontal, podendo ser feito em laboratório ou em campo. O

formato do tubo se assemelha ao de um cachimbo e sua porção vertical é graduada de 0 a 5 mL, com espaçamento marcado a cada 1mL e a cada intervalo menor de 0,1 mL.



Figura51. Tubo de Karsten utilizado em campo

Nos ensaios realizados, foi utilizado um tubo de Karsten de plástico (Figura 51) que era fixado na rocha com a ajuda de um material moldável e selante muito utilizado em procedimentos odontológicos denominado alginato. Com o tubo selado e fixo à rocha, o mesmo é preenchido com água destilada até que a base do menisco, formado pela água, se iguale ao nível máximo do tubo indicado pela marca da graduação equivalente a 0mL. Com o auxílio de um cronômetro, são medidos os intervalos de tempo de 0,13; 0,25; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 10,0; 15,0; 20,0; 30,0; 40,0; 50,0 e 60,0 minutos em que as medidas do nível de água observadas se deslocam no menisco em movimento descendente, configurando a absorção da água pela rocha através de suas fraturas e poros.

O tubo de Karsten utilizado nos ensaios foi cedido por empréstimo pelo professor Emílio Velloso Barroso do Laboratório de Mecânica e Tecnologia das Rochas (LEMETRO) da UFRJ, o qual também acompanhou parte dos trabalhos de medição.

Deste modo, realizaram-se os ensaios de campo em pontos nos monumentos com mais feições de alteração e outros com menos feições aparentes.

4. Resultados e Discussões

4.1. Mapeamento de danos

Com o mapeamento de danos realizado, foi possível produzir os mapas apresentando as feições de alteração presente. Os nomes das feições de alteração utilizados foram todos baseados no glossário de padrões de alteração ICOMOS (2003).

No Monumento de Noel Rosa, o mapeamento foi realizado em ambos os lados de cada arco, sendo uma face voltada para o monumento e outra para fora do monumento. Como estas faces opostas mostrariam as colunas em ordem invertida, girou-se a face de dentro do monumento para que fosse mais fácil observá-las em conjunto (Figuras 52, 53, 54 e 55). Também, confeccionou-se um gráfico com as porcentagens das feições de alteração presentes nos arcos (Figura 56)

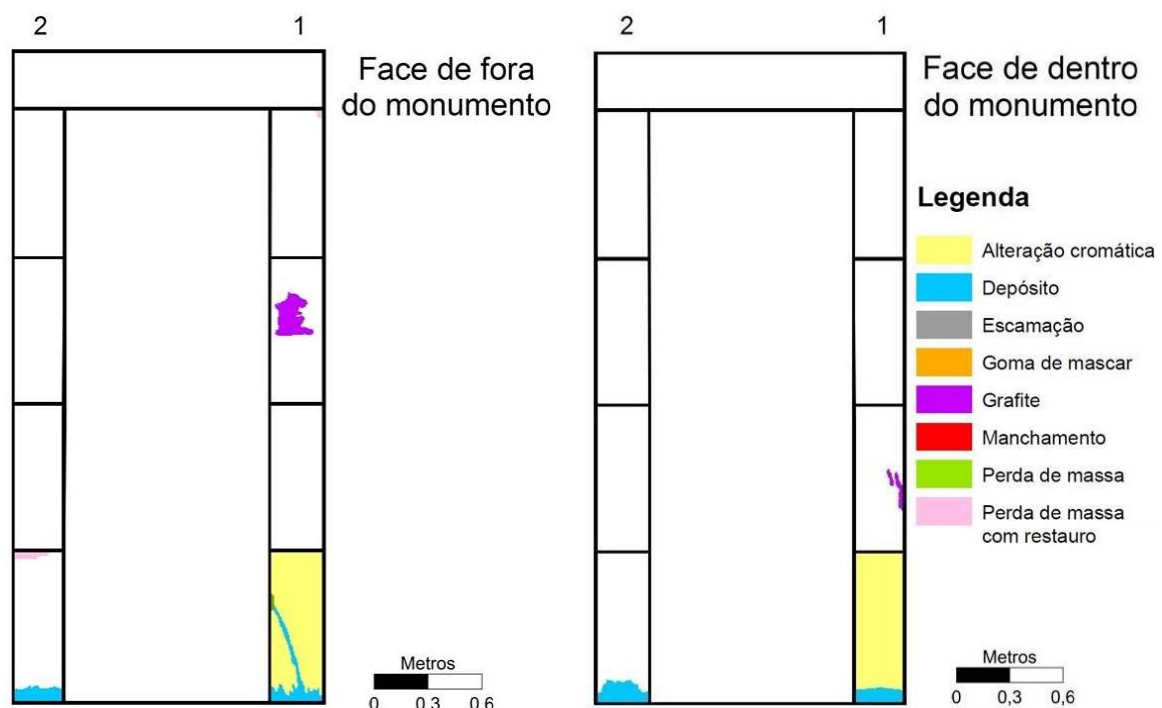


Figura 52. Mapeamento de danos das faces de dentro e de fora do arco com as colunas 1 e 2

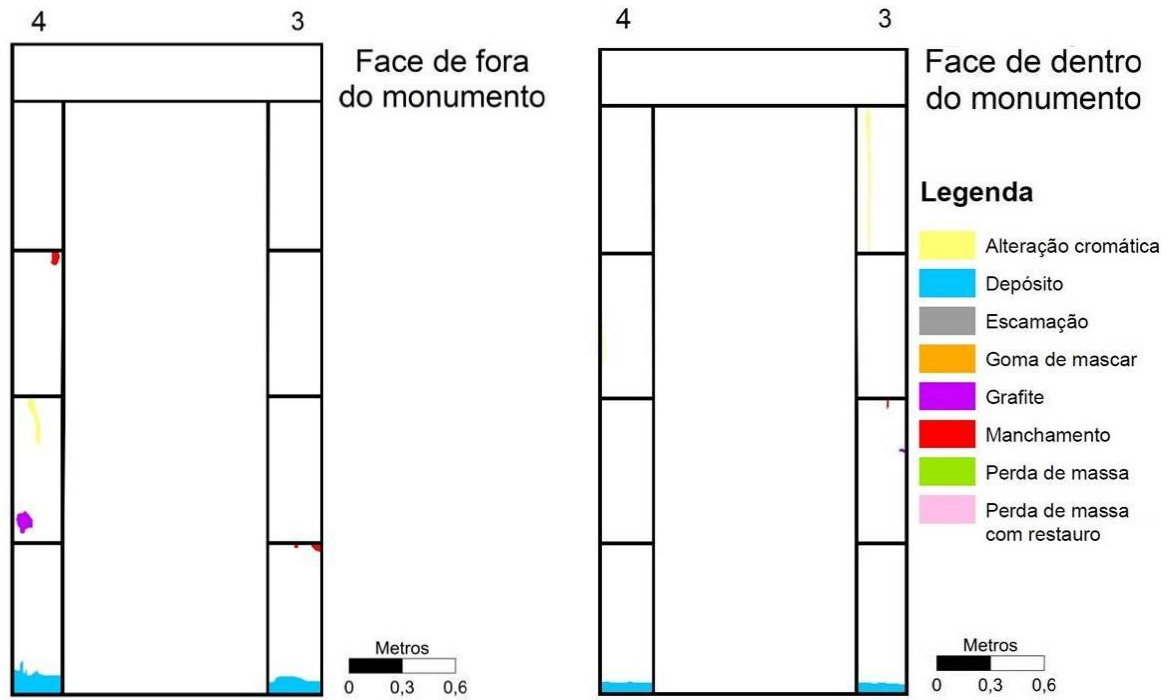


Figura 53. Mapeamento de danos das faces de dentro e de fora do arco com as colunas 3 e 4

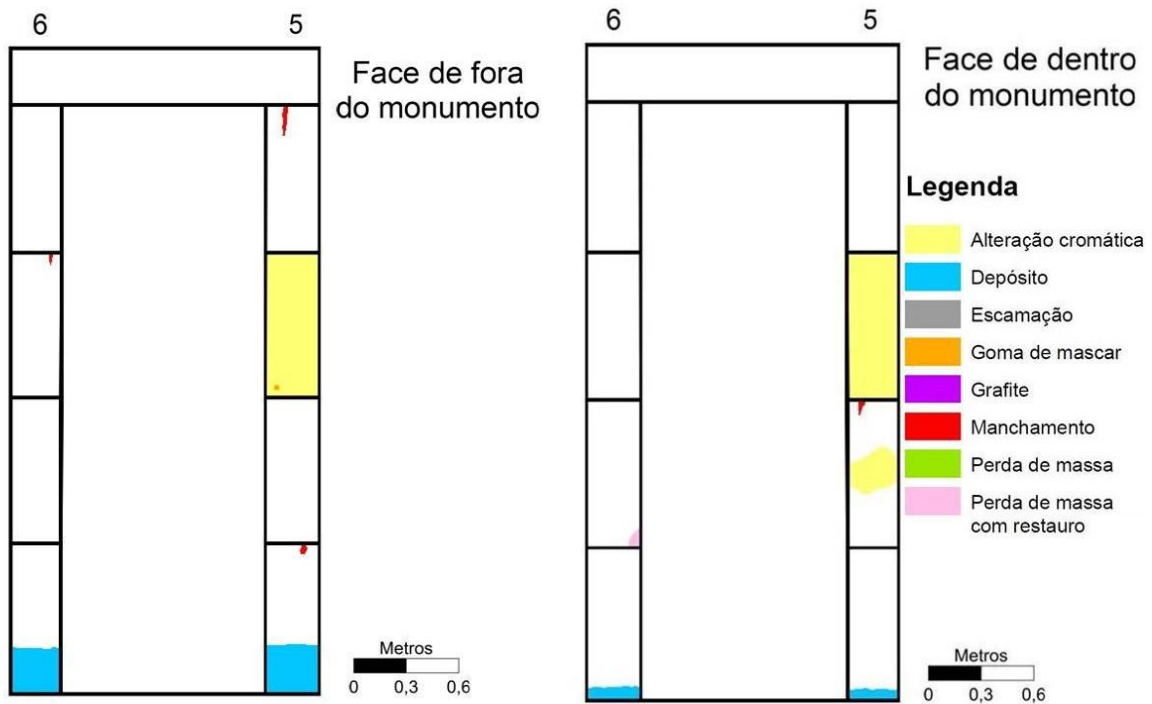


Figura 54. Mapeamento de danos das faces de dentro e de fora do arco com as colunas 5 e 6

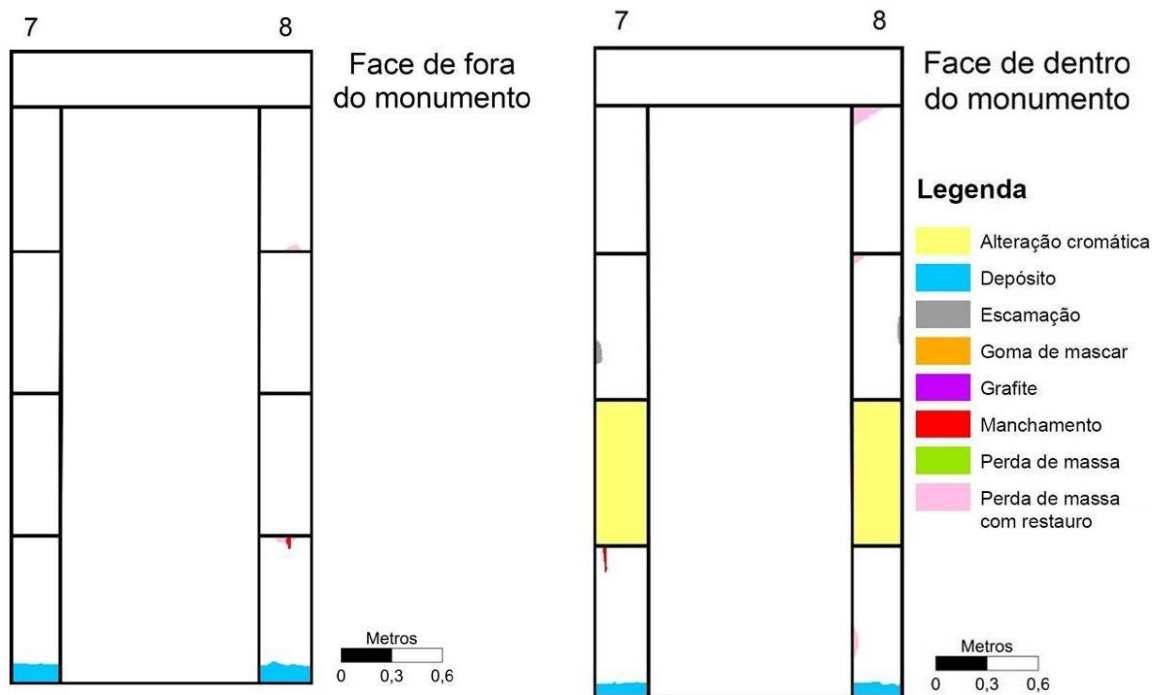


Figura 55. Mapeamento de danos das faces de dentro e de fora do arco com as colunas 7 e 8

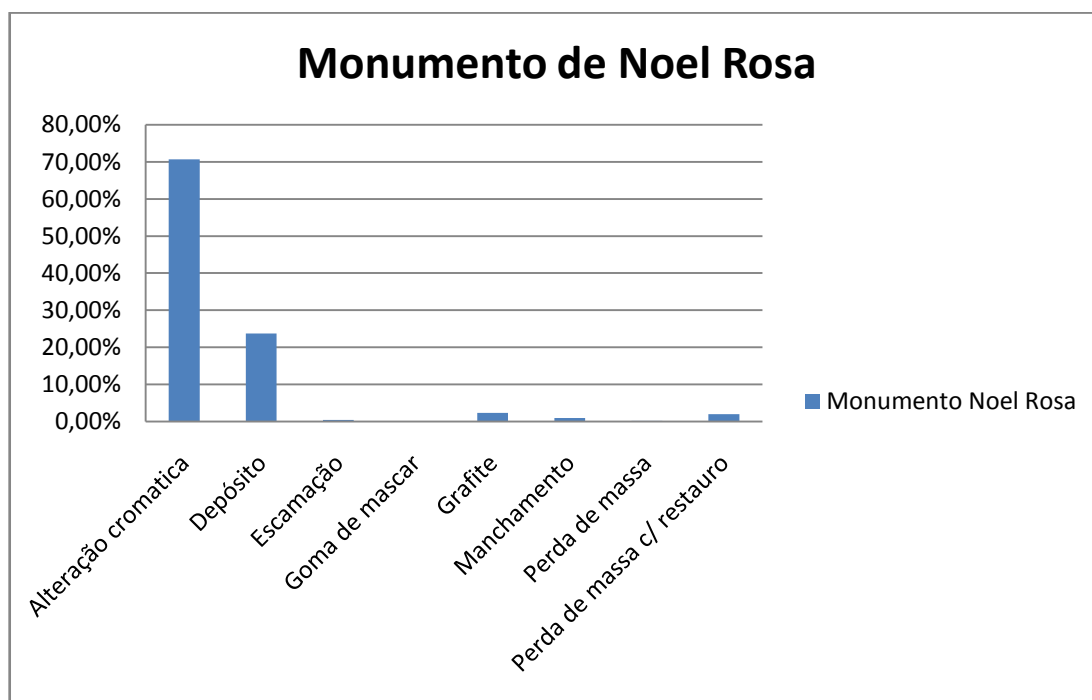


Figura 56. Porcentagem dos danos presentes no Monumento de Noel Rosa

As faces de dentro e de fora do Monumento das mesmas pilastras não apresentam grandes diferenças na ocorrência de alterações entre si, não podendo assim apontar possíveis padrões a respeito da sua posição em relação a avenida.

Observa-se nas rochas dos arcos uma grande quantidade de alteração cromática na forma de amarelamento de partes, ou de blocos inteiros do granito, como na Figura 57, onde a seta vermelha indica alteração cromática amarelada do bloco inteiro e a seta azul indica alteração cromática escura na pilastra 5. O amarelamento é entendido como sendo resultado da alteração de minerais ferro magnesianos, como a biotita, presentes nas rochas. Esta ocorrência em blocos inteiros isolados apontam para uma alteração anterior a utilização da rocha no monumento, ou seja, ainda em jazida.



Figura 57. Alteração cromática na pilastra 5

Depósitos são encontrados nas bases das pilastras (Figura 58), podendo ser compostos pela deposição de sujeira das porções superiores dos próprios arcos que se acumulam ali com a lavagem dos arcos pela chuva, pela urina de animais como cães ou até mesmo de pessoas, visto que a área é frequentada por moradores de rua. Outra importante fonte de material depositado na rocha é a emissão de poluentes de enxofre pela queima de combustível de carros e ônibus que transitam na região.



Figura 58. Depósito comumente encontrado na base das pilastras

As perdas de massa, e perdas de massa com intervenções de restauro, estão localizadas em sua maioria nas bordas dos blocos, podendo possivelmente ser consequência de danos físicos durante o transporte dos blocos, visto que a argamassa utilizada para o restauro é a mesma que foi utilizada para unir os blocos, ou ocorrendo no próprio monumento (Figura 59).



Figura 59. Perda de massa com restauro no bloco superior, perto do contato entre os blocos

O manchamento que ocorre nos arcos apresenta cor avermelhada e é oriundo da oxidação das vigas de ferro que foram introduzidas na argamassa utilizada para unir os blocos (Figura 60).



Figura 60. Manchamento avermelhado devido a oxidação da viga de ferro

O grafite e a goma de mascar são exemplos de alteração antrópica diretamente ao monumento (Figura 61). É possível notar que foi feita a limpeza do monumento pelo enfraquecer da tinta do grafite.

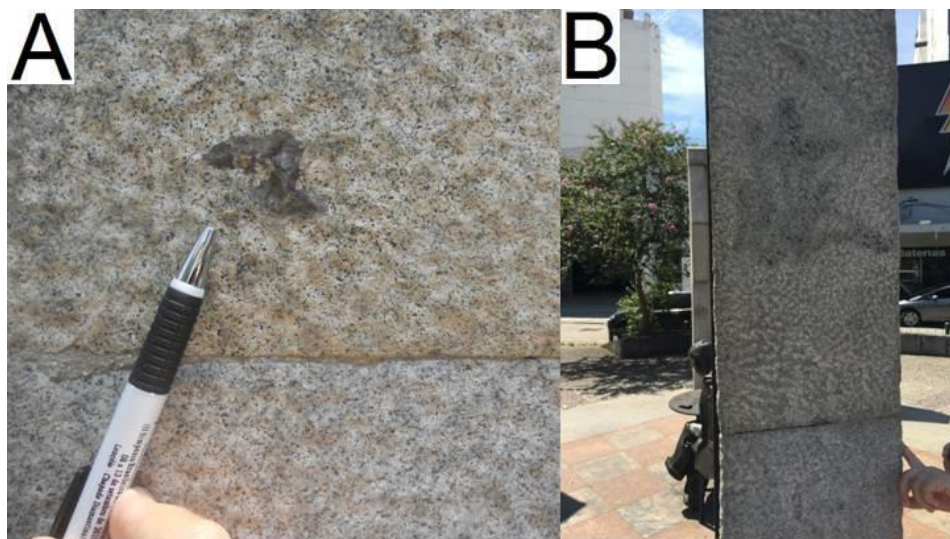


Figura 61. (A) Goma de mascar na pilastra; (B) grafite

Vale ressaltar que as partes internas dos arcos, que não foram mapeadas aqui, apresentam manchas de tinta utilizadas para pintar a estrutura de madeira que compõem os arcos (Figura 62). Outro fato observado é o escurecimento das rugosidades mais "externas" quando comparadas com as rugosidades mais "internas" do granito.



Figura 62. Manchamento de tinta e escurecimento das rugosidades "externas" do granito, causadas pelo picoteamento grosso utilizado no seu beneficiamento

Na Basílica de Nossa Senhora de Lourdes o mapeamento de danos foi realizado nas faces externa (Figura 63 e 64) e interna (Figura 65 e 66), estando orientados de A a A' na porção externa e B a B' na interna (Figura 42). Para uma melhor correlação entre os dois, o mapeamento da face interna foi girada. Com os mapas, foi possível confeccionar o gráfico de porcentagem de alterações mapeadas na Basílica (Figura 67).

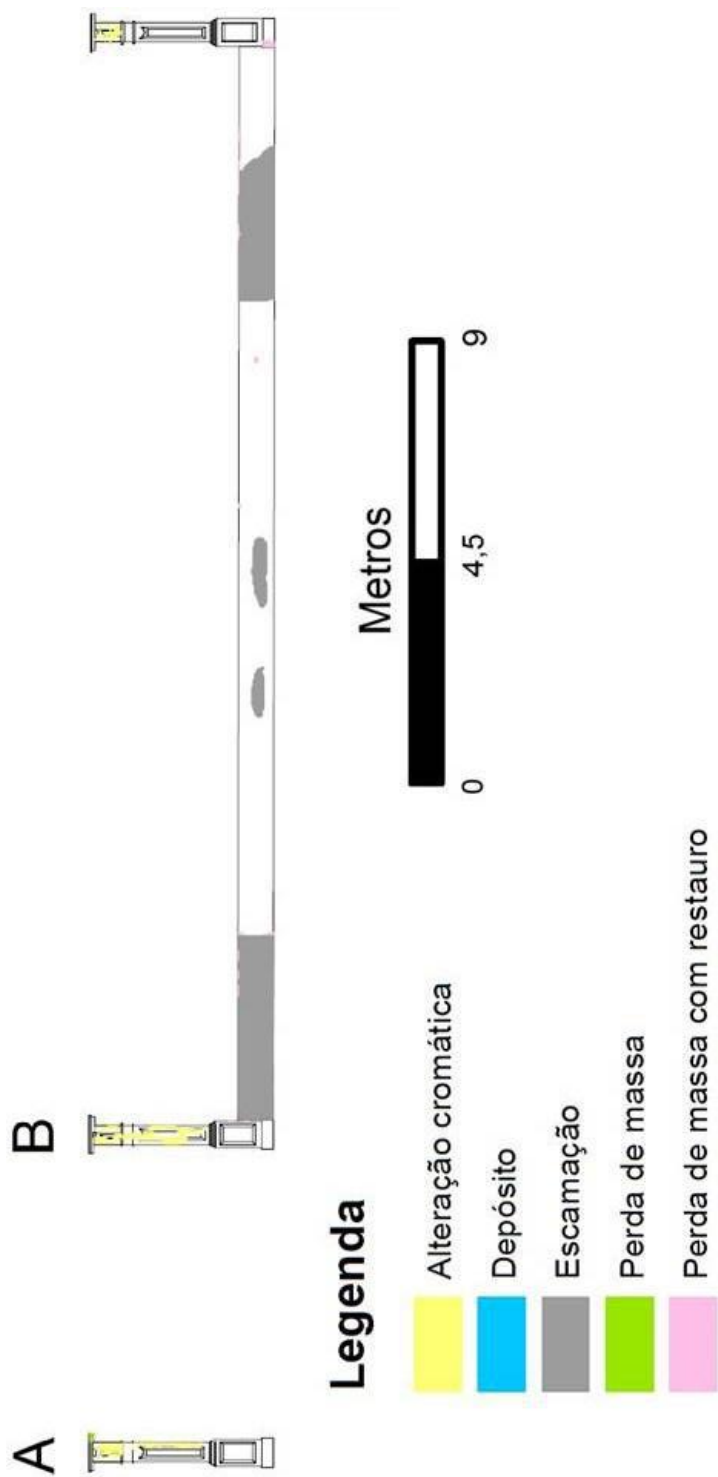


Figura 63. Mapeamento de danos do lado esquerdo da parte frontal da Basílica Nossa Senhora de Lourdes

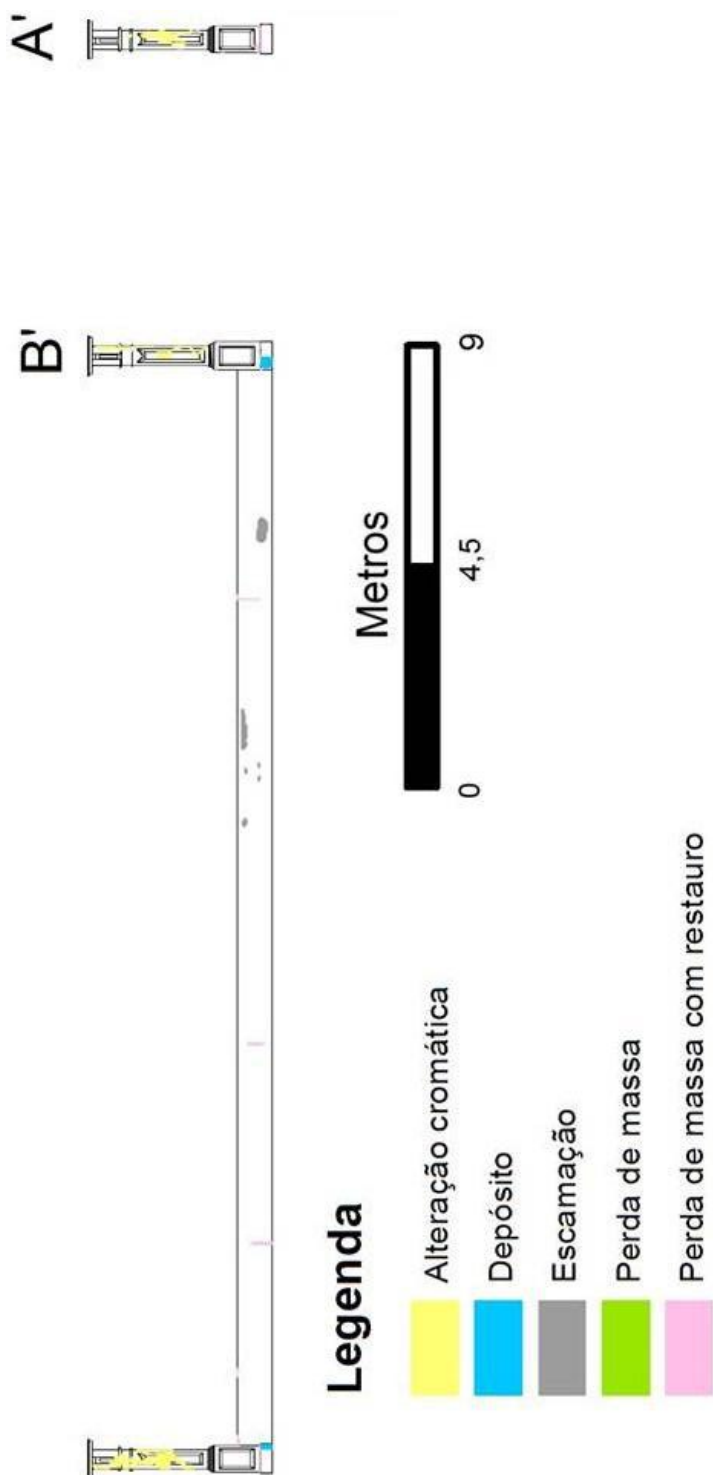


Figura 64. Mapeamento de danos do lado esquerdo da parte frontal da Basílica Nossa Senhora de Lourdes

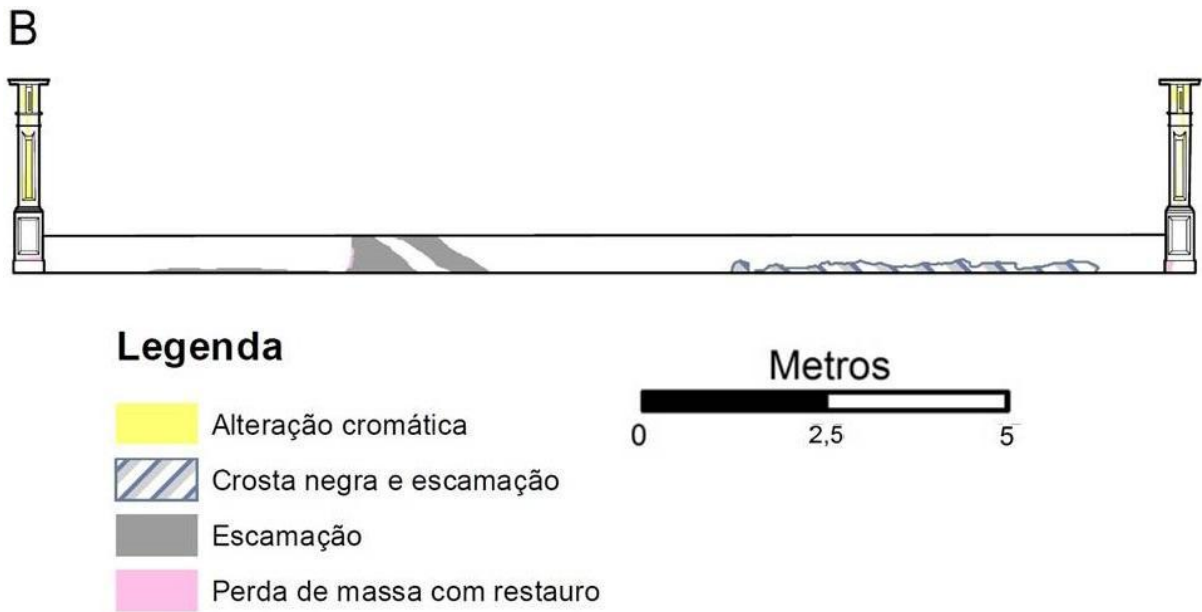


Figura 65. Mapeamento de danos do lado direito da parte interna da Basílica Nossa Senhora de Lourdes. Foto invertida para facilitar a correlação com o mapeamento da parte frontal

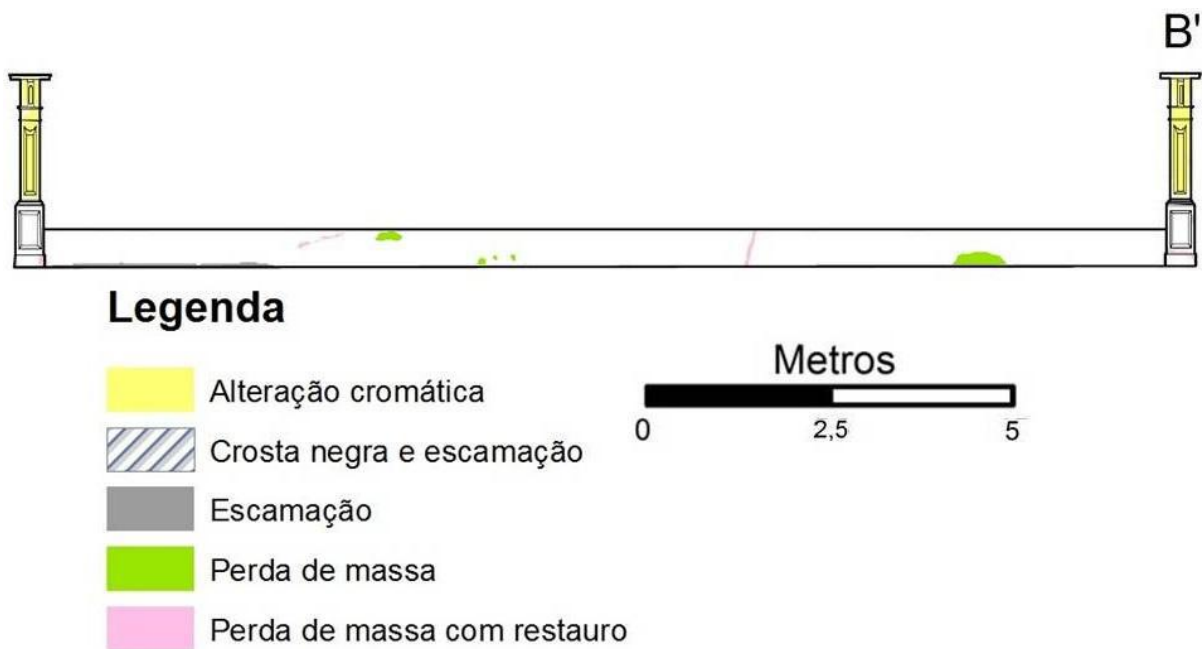


Figura 66. Mapeamento de danos do lado esquerdo da parte interna da Basílica Nossa Senhora de Lourdes. Foto invertida para facilitar a correlação com o mapeamento da parte frontal

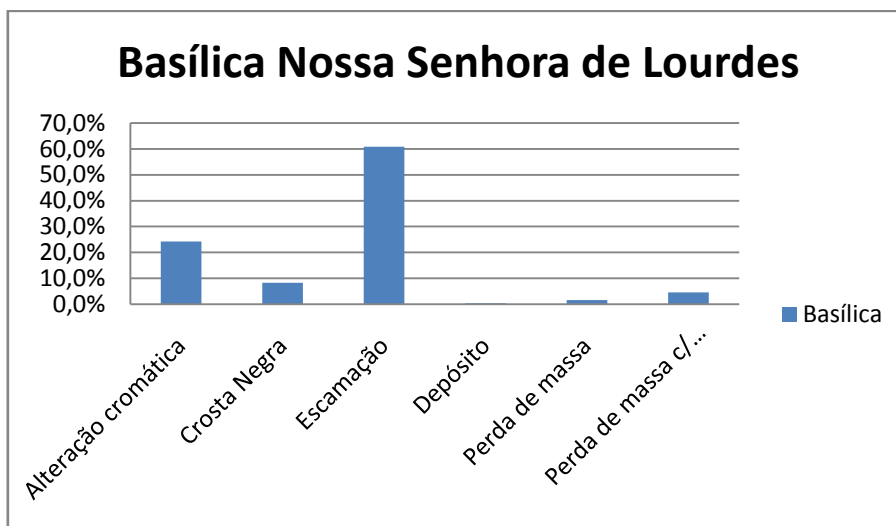


Figura 67. Porcentagem dos danos presentes na Basílica Nossa Senhora de Lourdes

Como pode ser observado nas Figuras e gráfico 63 a 67, a escamação e a alteração cromática amarelada são as feições de alteração mais proeminentes nas rochas da Basílica Nossa Senhora de Lourdes. As escamações correspondem a aproximadamente 60% das feições de alteração na Basílica, estando presentes em grandes e pequenas porções bem espalhadas pelos seus muros, e podendo ser responsáveis pela perda de massa encontrada na parte de dentro do muro (Figura 68). Esta ocorrência apenas em pontos de menor altura, pois não aparece nas pilastras, pode ter origem em sais que são transportados das águas subterrâneas por capilaridade, acelerando o intemperismo da rocha.



Figura 68. Escamação resultando na perda de massa

A segunda alteração mais frequente na Basílica, com 24,3%, é a alteração cromática, que causa um amarelamento das rochas. Presentes exclusivamente nas pilastras, essa feição ocorre com maior regularidade e maior amarelamento em direção ao topo das pilastras (Figura 69). Essas feições possivelmente ocorrem a

partir da constante exposição e impacto da água da chuva que se acumula e escorre, sendo também influenciada pela geometria do topo da pilastra, pois atua como uma calha e uma barreira à luz do sol, prolongando o tempo da evaporação da água e criando estes amarelamentos. Além disso, a água também seria responsável pela alteração de minerais ferromagnesianos como a biotita, que altera para uma cor amarelada. Outra possibilidade seria a presença de sais provenientes de água subterrânea que ascenderiam por capilaridade auxiliando na intemperização.



Figura 69. Pilastra da Basílica Nossa Senhora de Lourdes com alteração cromática amarelada ocorrendo na porção superior

As perdas de massa com restauro estão, assim como nos blocos de granito do Monumento de Noel Rosa, localizadas nas bordas dos blocos, indicando danos mecânicos durante o transporte ou por impactos físicos. Também é possível notar perdas de massa nas partes laterais das pilastras devido a abertura e dano dos portões de entrada.

Tem-se também a presença de crosta negra em uma porção inferior do muro, associada com a feição de escamação. É possível observar depósitos em cima dos muros.

O mapeamento de alterações no Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda é observado na Figura 70 e o gráfico com porcentagens de alterações mapeadas na Figura 71.

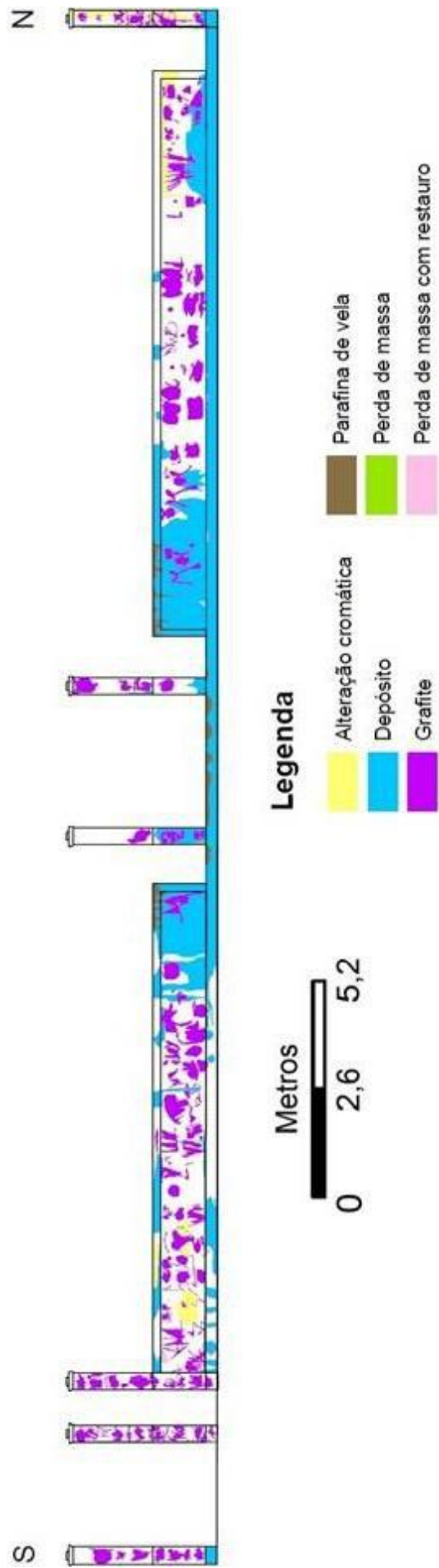


Figura 70. Mapeamento de danos do Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda

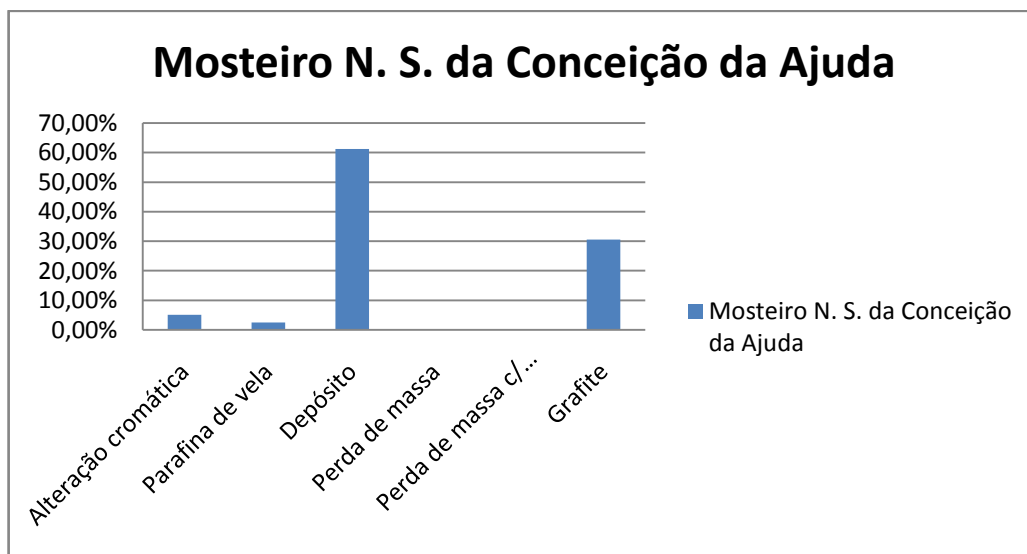


Figura 71. Porcentagem dos danos presentes no Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda

Como se pode notar, o depósito é o principal dano que ocorre na fachada do Mosteiro, com 61,2% dentre todas as alterações presentes. Os depósitos são de coloração escura e podem ser encontrados com maior ocorrência estando mais próximos das pilastras do meio, que seria a entrada principal do Mosteiro, onde é muito frequente o acender de velas por pessoas que ali rezam (Figura 72). Logo, a parafina destas velas que escorre, acaba por aderir partículas de sujeira e de material oriundo da queima de combustíveis de carros e ônibus que transitam na região. As porções de parafina de vela mapeadas foram as mais facilmente observáveis e de maior escala, porém, acredita-se que camadas muito finas de parafina estejam diretamente associadas com os depósitos de coloração escura no Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda.



Figura 72. (A) Depósitos de coloração escura; (B) parafina de vela derretida em cima do muro

O grafite é, com 31% das feições mapeadas, a segunda maior feição de alteração presente, se destacando pela sua grande distribuição ao longo do Mosteiro (Figura 73).



Figura73. Grafites ao longo da fachada do Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda

A alteração cromática presente é a mesma encontrada nas outras áreas de estudo, correspondendo a um amarelamento da rocha, possivelmente pelas águas das chuvas.

As perdas de massa são em pequena escala e localizam-se nas bordas dos blocos que compõem o muro, indicando danos físicos.

Vale ressaltar os depósitos de sujeira e o manchamento que se acumulam nos cantos das calçadas (Figura 74)



Figura 74. Alterações na calçada: (A) deposição de sujeira nos cantos próximos a parede; (B) manchamento de tinta vermelha à direita

4.2. Água de lavagem

No Apêndice A apresentam-se os resultados dos teores dos elementos químicos presentes nas águas recolhidas nas lavagens dos monumentos. A partir de sua análise, é possível observar altos valores de enxofre, e especialmente de SO_4 , que são interpretados como sendo oriundos da queima de combustíveis dos veículos, principalmente ônibus, que transitam em grande intensidade na região. A Figura 75 (A) mostra a grande movimentação de carro na esquina em que se encontra o monumento de Noel Rosa, enquanto (B) mostra o intenso tráfego de veículos na Boulevard 28 de Setembro, e (C) a proximidade do Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda à pontos finais de diversas linhas de ônibus na Praça Barão de Drumond.



Figura 75. Intenso fluxo de veículos (A) próximo ao Monumento de Noel Rosa; (B) no Boulevard 28 de Setembro; (C) próximo ao Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda

Também são observados elevados valores de Cl e Na nos monumentos, principalmente na Basílica Nossa Senhora de Lourdes e no Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda, que indicam elevada presença de sais nas rochas.

Estes sais podem ser provenientes da presença de águas salobras no lençol freático, que sobem pelas rochas por capilaridade. A ascensão destas soluções salinas nas rochas é responsável por criar fissuras e microfissuras, causando mais espaço para os sais solúveis subirem e formando um ciclo de alteração (Ricardo, 2015).

Esta contaminação das águas subterrâneas ocorre na Praça da Bandeira e é citada por Souza & Ottoni (2015), onde a água salgada do mar avança em direção ao continente durante os regimes naturais de maré cheia. A distância da Basílica de

Nossa Senhora de Lourdes, que se encontra relativamente no meio do Boulevard 28 de Setembro, com a Praça da Bandeira é de 2,91 km (Figura 76), podendo ser considerada uma distância curta que possibilite a hipótese.

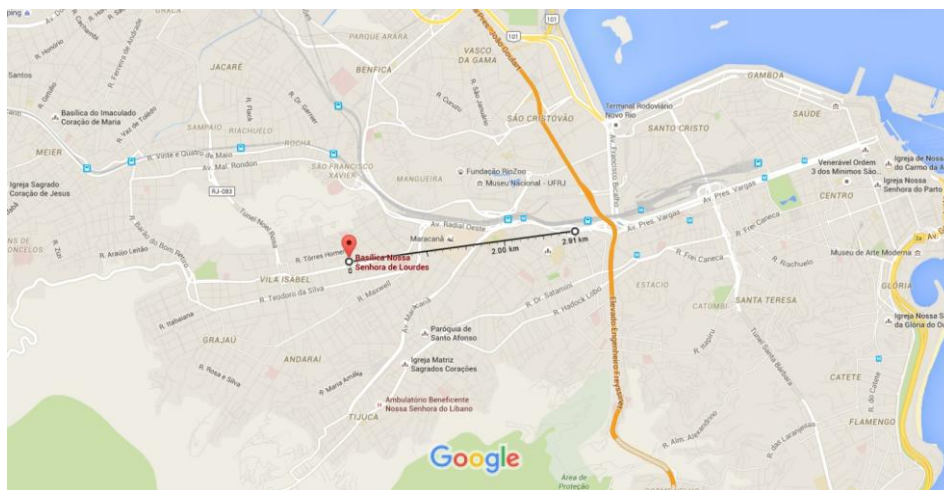


Figura 76. Distância da Basílica Nossa Senhora de Lourdes até a Praça da Bandeira. Google Maps

Outra possível origem do sal pode vir a ser o *spray* salino proveniente do mar, visto que a distância da Basílica N. S. de Lourdes para a linha de costa mais próxima é de 3,8 km (Figura 77). O fato do bairro ser localizado num vale ladeado de colinas também poderia atuar como barreira e causar a deposição dos sais.

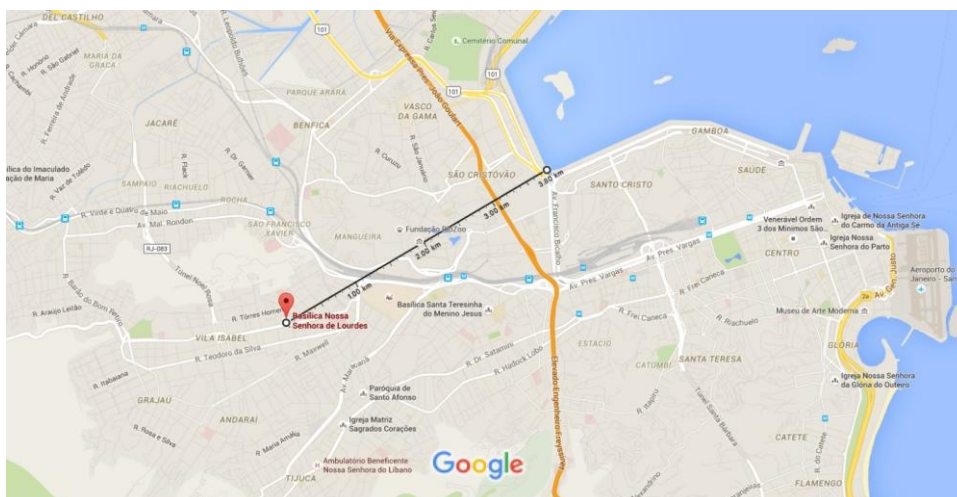


Figura 77. Distância da Basílica Nossa Senhora de Lourdes até o mar. Google Maps

A maior quantidade de sal na Basílica de Nossa Senhora de Lourdes poderia ocorrer pois a mesma está localizada no meio do Boulevard 28 de setembro, que

forma um largo corredor impedindo parcialmente a passagem de vento e propicia uma menor atuação dos mesmos na retirada dos sais.

Outro ponto importante a ser considerado é a localização da Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda, que esta no final do corredor formado pelo Boulevard 28 de Setembro, podendo receber sais transportados pelo vento.

4.3. Dureza

O teste de dureza realizado apresentou os resultados do Monumento de Noel Rosa ilustrados no Quadro 5 abaixo. Os valores obtidos para os granitos dos arcos variam pouco mais de 100 HL, com valor máximo de 526 HL e mínimo de 419 HL, exibindo uma maior consistência de valores eventualmente devido a sua isotropia.

Quadro 5. Resultado do teste de dureza dos granitos nos arcos do Monumento de Noel Rosa

Pontos	1	2	3	4	5	6	7	8
Dureza (HL)	526	442	427	515	476	468	428	419

Os resultados nas rochas do piso do Monumento de Noel Rosa (Quadro 6) apresentam os valores mais elevados encontrados, demonstrando que as placas não estão alteradas.

Quadro 6. Resultado do teste de dureza das rochas do piso do Monumento de Noel Rosa

Pontos	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
Dureza (HL)	933	821	915	778	898	829	935	764	819	812

Na Basílica Nossa Senhora de Lourdes, os resultados obtidos (Quadro 7) para o gnaisse facoidal apresentam uma amplitude de 204 HL, com máximo de 601 HL e mínimo de 397 HL, se mostrando mais anisotrópico, como era de se esperar, do que o granito, cujos resultados mostram a menor amplitude de valores. A pilastra de

granito (ponto 4 no Quadro 7) apresentou dureza maior que os granitos do Monumento de Noel Rosa apesar da mesma ter sido colocada décadas antes da construção do Monumento, indicando que as rochas do Monumento provavelmente sofreram com processos intempéricos antes de serem utilizadas como rochas ornamentais, ainda em sua jazida, ou que sofrem mais com os processos intempéricos atuantes.

Quadro 7. Resultado do teste de dureza das rochas da Basílica Nossa Senhora de Lourdes

Pontos	1	2	3	4 (granito)	5	6
Dureza (HL)	397	601	562	547	545	502

No Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda os gnaisses apresentam durezas menores que as encontradas na Basílica e variam tanto quanto a mesma (Quadro 8), com máximo de 542 HL, mínimo de 360 HL, e amplitude de 182 HL. Vale ressaltar que no Mosteiro se encontram os dois dos menores valores de dureza do gnaisse facoidal e a menor média geral das durezas de todas as rochas avaliadas, podendo ser um indício de uma menor resistência destas e possível maior intensidade do intemperismo. É possível que o sal presente, observado com os resultados de água de lavagem, atue alterando sua composição e estrutura interna, refletindo sua decomposição e menor dureza.

Quadro 8. Resultado do teste de dureza dos gnaisses do Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda

Pontos	1	2	3	4	5	6
Dureza (HL)	360	430	483	396	542	440

Ao longo do Boulevard 28 de Setembro, obtiveram-se resultados de dureza do basalto e calcário da Calçada Musical e do gnaisse facoidal que compõem o meio-fio, que estão ilustrados nas Figuras 78 e 79, onde a Figura 78 apresenta os valores médios de dureza das calçadas dos quarteirões norte do Boulevard 28 de Setembro, e a Figura 79 mostra os valores de médios de dureza das calçadas dos quarteirões sul.

- ★ Monumento de Noel Rosa
- ✚ Basílica Nossa Senhora de Lourdes
- 🏠 Convento de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda

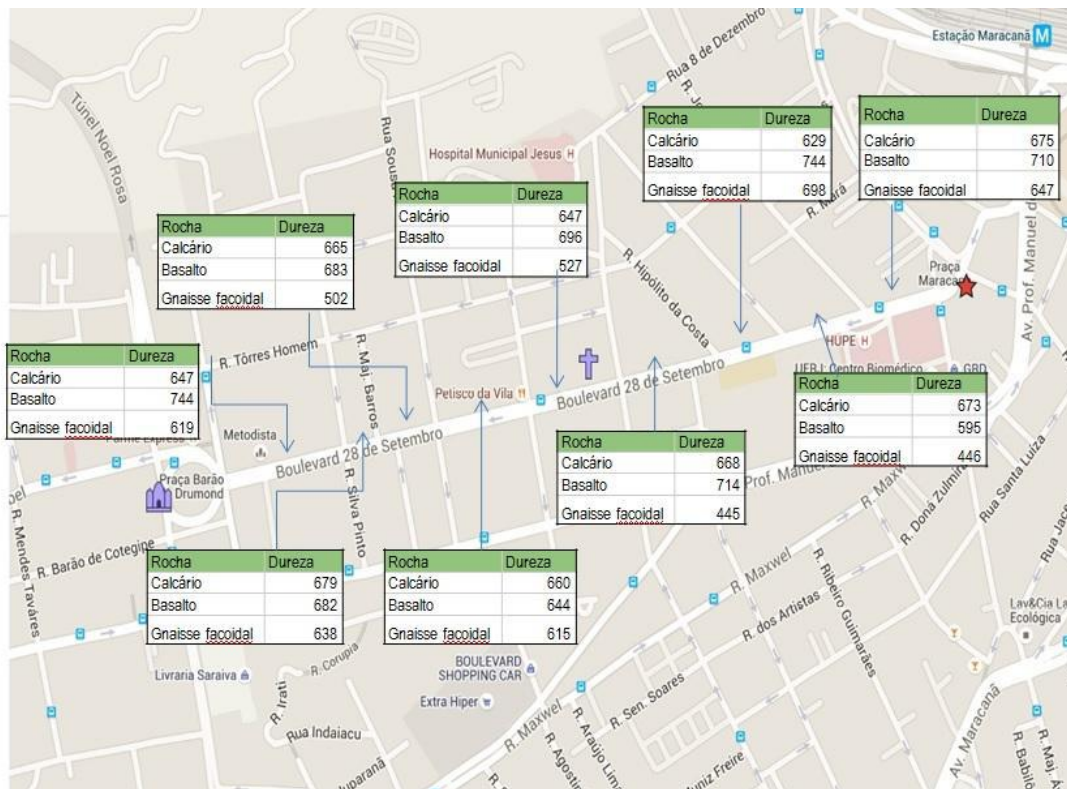


Figura 78. Valores médios de dureza nos quarteirões norte do Boulevard 28 de Setembro das rochas da calçada musical e do gnaíse facoidal do meio-fio. Adaptado do Google Maps

- ★ Monumento de Noel Rosa
- ✚ Basílica Nossa Senhora de Lourdes
- 🏠 Convento de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda

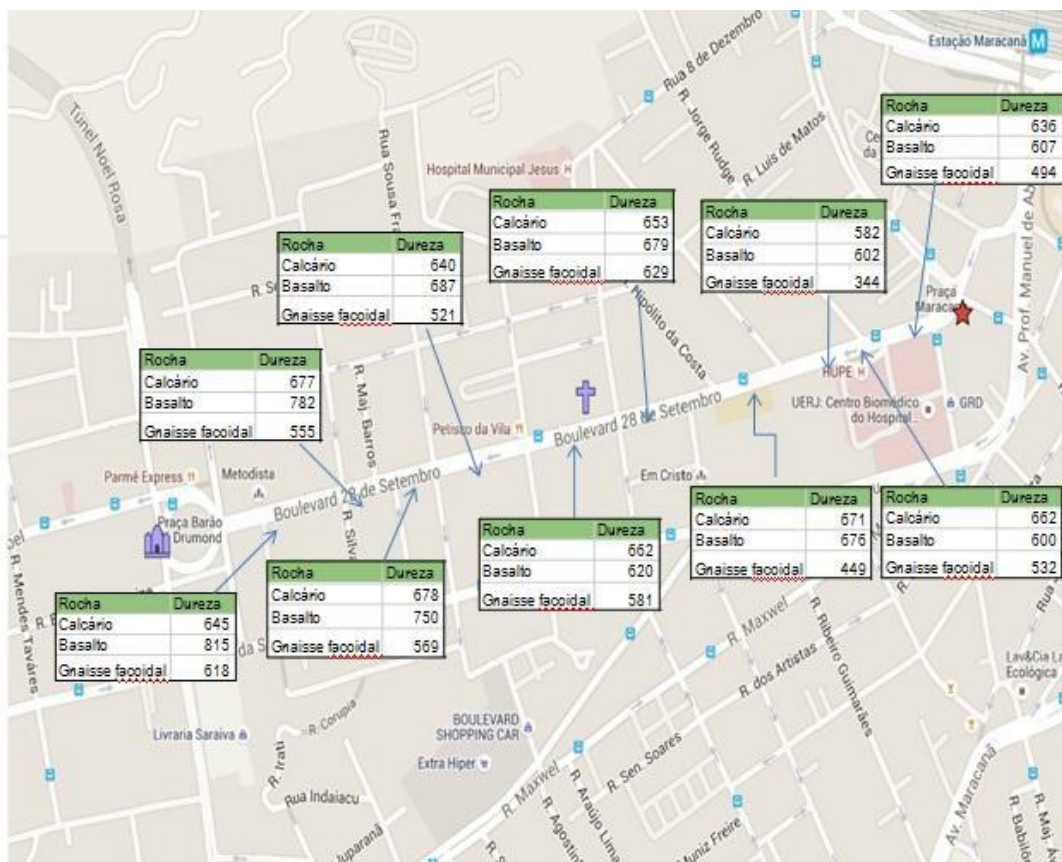


Figura 79. Valores médios de dureza nos quarteirões sul do Boulevard 28 de Setembro das rochas da calçada musical e do gnaíse facoidal do meio-fio. Adaptado do Google Maps

Os valores de dureza do gnaisse facoidal do meio-fio ao longo do Boulevard 28 de Setembro apresentam grande amplitude como observado anteriormente, com picos de elevada dureza ao longo da avenida, mas com um pequeno aumento em direção ao Monumento de Noel Rosa. A dureza do basalto é, em sua média, a mais elevada entre as três rochas, variando entre 595 HL e 815 HL, e aumentando pouco em direção ao Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda nos quarteirões norte. Já a dureza do calcário é a que menos varia, com maior diferença de menos de 100 HL, e apresenta um leve aumento de valor em direção ao Monumento de Noel Rosa.

É importante levar em consideração a possibilidade das rochas da calçada sofrerem alterações distintas devido às alterações impostas em cada ponto amostrado serem diferentes (mais gente passando, lixo, etc.) e a possibilidade de alterações terem ocorrido anteriormente a sua extração.

4.4. Fluorescência de Raio X da Rocha

Os resultados obtidos dos ensaios com o aparelho portátil de FRX estão dispostos no Apêndice B.

Os valores obtidos apresentam pequenas variações, como na quantidade de SiO_2 muito baixas no Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda, especialmente nos pontos 3 e 5, que poderia ser explicada pela medição em áreas com cera de vela.

Outra alteração seria também nos valores de Ti, que são maiores nos pontos do Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda, provavelmente devido a medição em áreas com grafite, que pode apresentar Ti em sua composição.

4.5. Colorimetria

Para os resultados dos ensaios de colorimetria, utilizou-se o gráfico da Figura 48 para que fosse possível analisar mudanças e tendências nas colorações das rochas. No Quadro 9 é possível observar os resultados nos ensaios das pilastras do

Monumento de Noel Rosa, e no Quadro 10, os valores encontrados nos pontos do piso do Monumento.

Quadro 9. Resultado da análise colorimétrica das pilastras do Monumento de Noel Rosa

Ponto	Eixo L*	Eixo a*	Eixo b*
1	55,91	-14,96	43,14
2	61,07	0,25	5,92
3	60,37	-0,17	5,14
4	61,32	0,85	7,30
5	62,23	-14,98	47,62
6	54,53	-13,44	43,96
7	62,57	-14,36	49,54
8	53,52	-11,87	45,64

É possível observar no Quadro 6 que os valores do eixo L* estão perto do valor de cinza e mais próximos do branco, enquanto que nos eixos a* e b* as amostras apresentam cores esverdeadas e altamente amareladas, com exceção dos pontos 2, 3 e 4. A alteração cromática amarelada observada em alguns dos blocos que compõe os arcos (Figura 80) é um indício de que os mesmos sofreram alteração anteriormente a sua utilização no monumento, ainda na jazida. No monumento em si, as alterações ocorrem por influência das chuvas que alteram as biotitas presentes na rocha causando alteração cromática para o amarelo.



Figura 80. Arco das pilastras 1 (direita) e 2 (esquerda) com alteração cromática nos blocos inferior e no terceiro de baixo para cima em 1

Quadro 10. Resultado da análise colorimétrica do piso do Monumento de Noel Rosa.

Ponto	Eixo L*	Eixo a*	Eixo b*
a	48,54	7,40	13,07
b	47,02	3,11	9,16
c	44,07	6,11	9,49
d	47,62	3,37	10,05
e	48,42	5,49	11,67
f	47,05	3,73	9,75
g	52,32	3,95	15,67
h	47,93	2,13	12,64
i	37,36	1,18	5,81
j	45,69	1,87	7,93

No piso do Monumento de Noel Rosa, os granitos migmatíticos (pontos pares) e os granitos vermelhos (pontos ímpares) não apresentam grandes desvios, estando plotados no gráfico de índice de cores no cinza levemente avermelhado e amarelado (Quadro 10).

Quadro 11. Resultado da análise colorimétrica das colunas e muros da Basílica N. S. de Lourdes

Ponto	Eixo L*	Eixo a*	Eixo b*
1	59,21	3,38	15,85
2	47,74	1,23	7,54
3	66,80	3,10	12,61
4	66,63	2,07	8,43
5	53,57	1,31	7,81
6	51,86	1,14	7,83
7	58,70	2,47	7,84
8	57,68	2,03	7,51
9	65,40	1,36	6,78
10	54,74	1,05	7,11

Quadro 12. Propriedades colorimétricas do gnaisse facoidal. Fonte: Ricardo (2015)

Amostras Inalterada	Eixo L*	Eixo a*	Eixo b*

Gnaiss seco	59,08	0,52	5,61
Gnaiss molhado	43,89	0,90	5,59

Os resultados na Basílica Nossa Senhora de Lourdes (Quadro 11) quando comparados com a rocha sã (Quadro 12) indicam uma coloração acinzentada relativamente próxima ao esperado, uma coloração levemente avermelhada e amarelada. Vale ressaltar o amarelamento observado nas porções superiores das pilastras quando comparada com a inferior, que pode ser resultado da acumulação da água da chuva, que escorre pela pilastra, e de um maior intemperismo dos minerais ferro magnesianos (biotita) devido à maior exposição à chuva, que se acumula e escorre pela pilastra (Figura 81). O topo da pilastra cria uma barreira e uma calha com direção preferencial para água, que ao longo dos anos criam essa mancha.



Figura 81. Alteração cromática amarelando as porções superiores nas pilastras da Basílica de Nossa Senhora de Lourdes

No Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda, os resultados obtidos (Quadro 13) destacam um escurecimento em alguns pontos. Este escurecimento pode ser explicado pela amostragem destes em alguns dos diversos grafites presentes nas paredes e muros do Mosteiro e pela grande presença de depósitos provenientes da queima de combustíveis de automóveis, principalmente ônibus, em

conjunto da presença de parafina de vela (Figura 82). O eixo a* mostra um equilíbrio de vermelho e verde, e um leve amarelamento é observado no eixo b*.

Quadro 13. Resultado da análise colorimétrica das colunas e muros do Mosteiro N. S. da Conceição da Ajuda

Ponto	Eixo L*	Eixo a*	Eixo b*
1	63,26	1,84	8,63
2	30,67	-0,07	1,66
3	40,52	0,80	5,07
4	61,68	1,34	6,12
5	31,26	-0,07	1,81
6	53,07	1,76	10,50



Figura 82. Pilastra com grafites no Mosteiro Nossa Senhora da Conceição da Ajuda e manchamento preto oriundo da cera das velas que ali são acesas e dos depósitos provenientes da queima de combustíveis dos ônibus

Na Calçada Musical, os resultados para o calcário foram levemente mais amarelados ao final da 28 de setembro (próximo a praça Barão de Drumond), enquanto que o basalto apresentou uma cor escurecida e mais próxima do cinza (valor 0) nos eixos a* e b*, como era esperado (Figuras 83 e 84). Vale ressaltar que as alterações destas rochas podem ter sido causadas anteriormente ao seu lavramento e/ou pelas distintas condições do meio em cada ponto medido, que podem ter lojas, pessoas passando, mercados, saída de mercadorias, urina de pessoas, lixo, eventos que ocorrem no Boulevard, esgoto que pode vazar e outros. Logo, é importante levar estes fatos em consideração ao tirar conclusões que associem estes valores encontrados.



Figura 83. Valores médios de cor nos quarteirões norte da Boulevard 28 de Setembro das rochas da calçada musical e do gnaisse facoidal do meio-fio. Adaptado do Google Maps

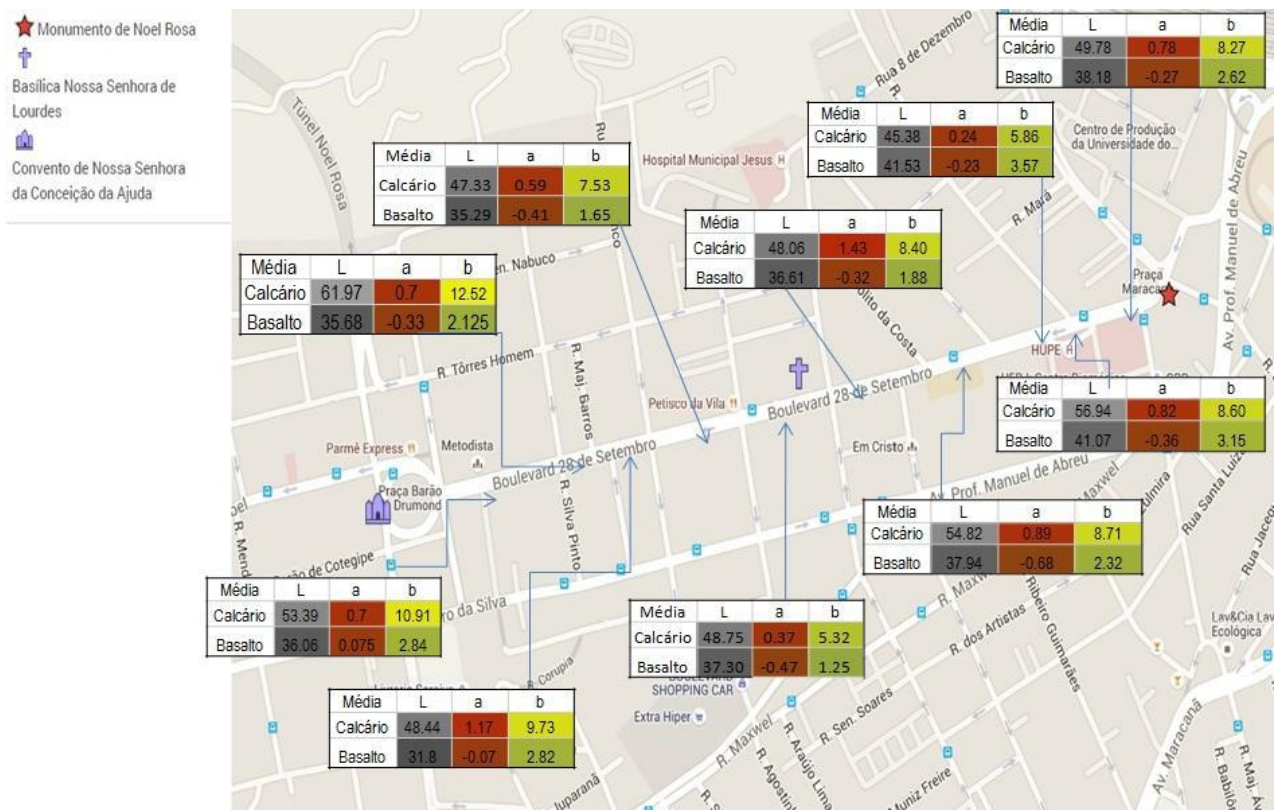


Figura 84. Valores médios de cor nos quarteirões sul da Boulevard 28 de Setembro das rochas da calçada musical e do gnaisse facoidal do meio-fio. Adaptado do Google Maps

4.6. Velocidade de Propagação de Ondas Ultrassônicas

Os resultados do ensaio de velocidade ultrassônica estão ilustrados no Quadro 14. No Quadro 15, formulado por Chung & Law (1983), têm-se os valores de velocidades ultrassônicas do granito, podendo-se comparar os resultados da rocha alterada com a velocidade na rocha sã.

Quadro 14. Resultado dos ensaios de velocidade ultrassônica

	Ondas Ultrassônicas			
	Pontos	Posição	Rocha	Velocidade (m/s)
Monumento de Noel Rosa	1	Frontal	Granito	2300
		Lateral		2424
	3	Frontal		1723
		Lateral		2505
	5	Frontal		1082
		Lateral		1206
	7	Frontal		1040
		Lateral		1861
Basílica N. Sra. de Lourdes	3	Frontal	Gnaisse facoidal	2839
		Lateral		3969
	4	Frontal	Granito	4951
		Lateral		4227
	11	Frontal	Gnaisse facoidal	1595
		Lateral		1788
	12	Frontal		3164
		Lateral		2197
Mosteiro de N. Sra. da Conceição da Ajuda	3	Lateral	Gnaisse facoidal	3721
	4	Lateral		4114

Quadro 15. Intervalos de velocidade de ondas ultrassônicas para o granito. Fonte: Chung & Law (1983)

Tipo de rocha	Velocidade (m/s)
Granito	4000 - 5790

Os granitos do Monumento de Noel Rosa apresentam em sua totalidade valores muito abaixo do esperado para uma rocha sã, estando intemperizados internamente com a presença de fissuras, não se tratando apenas de um intemperismo superficial. É possível que esse intemperismo tenha ocorrido da jazida.

Entretanto, é importante ressaltar que a rugosidade do granito no Monumento é um fator que pode interferir na propagação das ondas do ensaio, visto que a superfície dos transdutores do PUNDIT entrava em contato com uma porção da superfície da rocha, podendo propagar as ondas desigualmente e gerar velocidades diferentes da real.

Na Basílica de Nossa Senhora de Lourdes a única pilastra de granito apresenta velocidade dentro dos valores esperados para uma rocha sã de acordo com Chung & Law (1983), indicando que a rocha não estaria intemperizada internamente e reafirmando que esta pilastra foi colocada posteriormente às outras como havia sido informado por funcionários da Basílica.

Já as medidas encontradas no gnaiss facoidal apresentam grande amplitude de velocidades, sendo todas menores que as encontradas no granito. Esta grande variação nos valores pode ser entendida em função da característica anisotrópica de uma rocha metamórfica como o gnaiss facoidal, onde diferentes direções de foliação nos pontos medidos resultam em velocidades distintas. Mesmo levando em consideração a anisotropia do gnaiss facoidal, os valores encontrados continuam sendo abaixo do que seria esperado para uma rocha metamórfica sã como encontrada por Costa (2007), que obtém uma média de 6000 m/s de velocidade para o gnaiss. Com isso, pode-se dizer que a rocha se encontra intemperizada internamente.

Os valores de velocidade ultrassônica encontrados para as pilastras do Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda foram relativamente altos quando comparados com as velocidades encontradas na Basílica, mas ainda assim menores que os valores que seriam esperados para uma rocha sã como mostrado por Costa (2007), indicando uma intemperização interna de menor grau que na Basílica.

4.7. Ensaio de absorção com tubo de Karsten (RILEM II.4)

Os ensaios com tubo de Karsten foram realizados em dois pontos na Basílica Nossa Senhora de Lourdes (Figura 85) e dois pontos no Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda (Figura 88). Em ambas as localizações, procurou-se medir um dos pontos em local intemperizado e o outro em local menos intemperizado, mantendo também uma altura próxima.

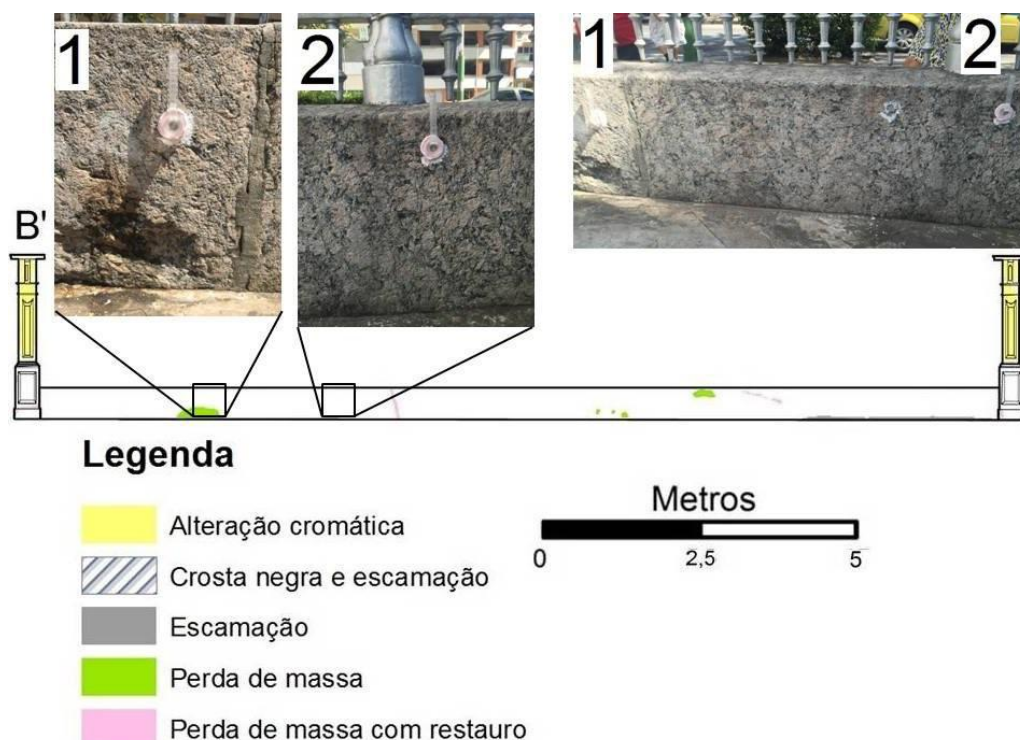


Figura 85. Localização dos pontos na Basílica Nossa Senhora de Lourdes amostrados para o ensaio de absorção com tubo de Karsten

Os pontos 1 e 2 apresentam alturas de 36 cm e 47 cm respectivamente, e foi escolhido o ponto 1 de forma que ficasse o mais próximo da área de perda de massa e o ponto 2, mais afastado numa porção mais sã.

Os resultados da absorção de água do ponto 1 (Figura 86), foram baixos e não como eram esperados por estarem próximos a uma área com uma grande perda de massa e escamação. Absorveu-se apenas 0,2 mL durante os últimos 20 minutos ensaiados, indicando que a rocha não apresenta elevado grau de intemperização.



Figura 86. Gráfico de absorção de água por tempo no ponto 1

No ponto 2, houve uma maior absorção de água (Figura 87), onde ao longo de todo o tempo de ensaio ocorreu absorção. Concluiu-se que este ponto apresentou-se mais intemperizado que o ponto 1.



Figura 87. Gráfico de absorção de água por tempo no ponto 2

No Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda, o ensaio 3 foi realizado numa porção com depósito de coloração escura e com a presença de uma fina camada de parafina de vela, enquanto que no ponto 4 a área não continha depósitos ou grafite (Figura 88).

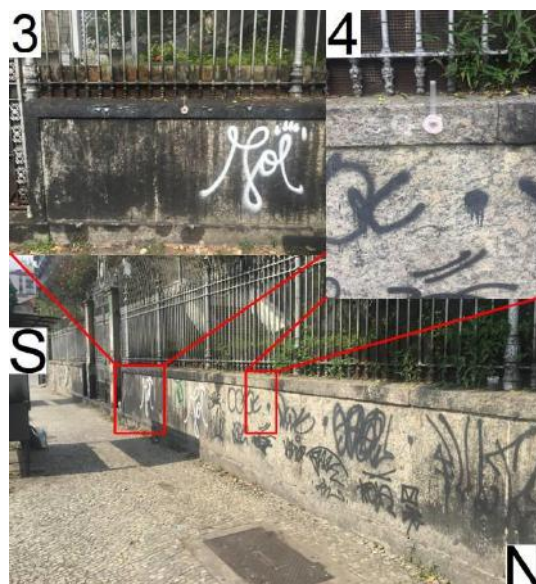


Figura 88. Localização dos pontos no Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda amostrados para o ensaio de absorção com tudo de Karsten

No ponto 3, houve a maior absorção de água dentre os ensaios realizados (Figura 89). Ao contrário do que havia se pensado, a fina camada de parafina não atuou "selando" a rocha e prevenindo a absorção, e o ensaio acabou demonstrando que a rocha apresenta intemperismo internamente.



Figura 89. Gráfico de absorção de água por tempo no ponto 3

No último ensaio de absorção de água, no ponto 4, houve a menor absorção durante os 60 minutos de teste, apenas 0,1 mL (Figura 90).



Figura 90. Gráfico de absorção de água por tempo no ponto 4

Vale ressaltar que existe a possibilidade de interferência na obtenção de dados, visto que a área ensaiada pode conter diferentes minerais que proporcionem irregular absorção da água (Figura 91).

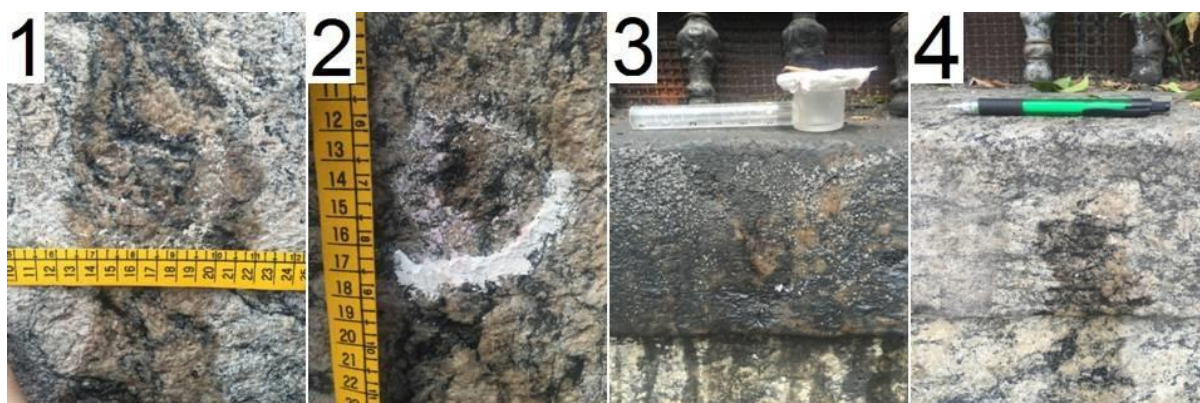


Figura 91. Pontos 1, 2, 3 e 4 que foram ensaiados

5. Conclusões

Através dos ensaios e testes realizados, concluiu-se que as feições de alteração presentes nos monumentos ocorrem de formas distintas devido às diferentes características das rochas, além das diferentes localizações dos monumentos, ainda que próximos, na extensão da área estudada. Estes fatores influenciam os processos atuantes, sendo eles antrópicos ou não.

Os sais observados através das amostras de água de lavagem são importantes formas de alteração encontradas nos monumentos. Sua origem não é sabida, pois seria necessário realizar diferentes testes. Entretanto, levantaram-se duas hipóteses a respeito:

- *spray* salino que vem do mar e que são trazidos pelos ventos e correntes de ar, localizado a 3,8 km de distância da Basílica N. S. de Lourdes, que ao chegar na região de vale do bairro de Vila Isabel, choca-se na barreira formada pelas colinas ao seu redor e se depositam.
- a presença de águas subterrâneas salobras contaminadas pelas águas salinizadas pelo mar através de marés cheias, como ocorre na Praça da Bandeira, que fica a 2,91 km de distância da Basílica Nossa Senhora de Lourdes ou a possível ocorrência de paleolagunas em subsuperfície. Assim, essa solução salina sobe pelos poros das rochas por capilaridade e se deposita, alterando-as e criando microfissuras e fissuras que possibilitam que ocorram mais processos de alteração.

As alterações cromáticas encontradas nos monumentos causam um amarelamento das rochas e estão associadas com a ocorrência de chuvas, que podem se acumular nas superfícies expostas e causar o manchamento da rocha. Esta influência da água das chuvas também é responsável pela alteração de minerais ferro magnesianos como a biotita, que se alteram para uma cor amarelada. Vale citar a alteração de rochas previamente ao seu uso como rocha ornamental.

Os depósitos encontrados nos monumentos podem ser originados de chuvas que transportam e depositam o material, de processos antrópicos diretos, desde a presença de finas camadas de parafina de velas que são acesas a urina, e indiretos, como o intenso fluxo de veículos, principalmente de ônibus, liberando grandes quantidades de enxofre no meio, que se depositam ao longo do caminho. A proximidade dos monumentos com estas vias de grande movimento também são importantes fatores que favorecem a deposição de poluentes.

Outras formas de alteração antrópica diretamente nos monumentos é a perda de massa, devido a danos físicos, e o grafite, com grande ocorrência no Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda.

Formas de alteração como essas, sendo elas naturais ou, principalmente, antrópicas, devem ser estudadas a fim de se entender os processos intempéricos que atuam em diferentes escalas na cidade e em seus bairros, especialmente no Rio de Janeiro, que apresenta uma vasta quantidade de importantes patrimônios.

O entendimento destes problemas e seus processos são a chave para a geoconservação destes elementos da geodiversidade com valor histórico e cultural. Uma educação patrimonial da população se faz necessária a partir da divulgação de conhecimento sobre o planeta e seus ambientes físicos, naturais e culturais. As geociências possibilitam à sociedade uma visão que vai além da utilização dos bens naturais, enxergando também a sua valorização e manutenção.

Através desta conscientização e do entendimento deste problema de intemperismo e depredação dos patrimônios ambientais e pétreos, consegue-se avançar para a sensibilização social e geoconservação dos monumentos históricos e culturais espalhados pelo país.

Referências Bibliográficas

ABIROCHAS (Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais); CETEM/MCT (Centro de Tecnologia Mineral/Ministério da Ciência e Tecnologia). **Catálogo de Rochas Ornamentais do Brasil**.CD-ROM. 2003

ABREU, S. F. **O Distrito Federal e Seus Recursos Naturais**, Instituto Brasileiro Geográfico e Estatística, Conselho Nacional de Geografia, Biblioteca Geográfica Brasileira. Série A, vol. 14, 318p. 1957

AIRES-BARROS, L. **Alteração e alterabilidade das rochas**. Lisboa, 384 p., 1991.

ALMEIDA, S.; JUNIOR, R. P. Cantarias e pedreiras históricas do Rio de Janeiro: instrumentos potenciais de divulgação das ciências geológicas. **Terrae Didatica**, v.8, n.1, p.3 – 23, 2012.

ARAGÃO, N. H. **Vila Isabel: terra de poetas e compositores**. Conquista, 1997.

ARAUJO PEREIRA, R. G. F. de. **Geoconservação e desenvolvimento sustentável na Chapada Diamantina (Bahia-Brasil)**. 2010. Tese de Doutorado — Universidade do Minho, Portugal. 317f.

ASTM. **Standard Test Method for Laboratory Determination of Pulse Velocities and Ultrasonic Elastic Constants of Rock**. 1990.

AZEVEDO, M. D. M. **Rio de Janeiro, sua história, movimentos, homens notáveis usos e costumes**. B.L. Garnier, 1877. v.1.

AZEVEDO, U. R. de. **Patrimônio geológico e geoconservação no Quadrilátero Ferrífero Minas Gerais: potencial para a criação de um geoparque da UNESCO**. 2007. Tese de Doutorado— Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências da UFMG. (211p).

BORGHI, A.; d’ATRI, A.; MARTIRE, L.; CASTELLI, D.; COSTA, E.; DINO, G.; LONGO, S. E. F.; FERRANDO, S.; GALLO, L. M.; GIARDINO, M.; GROppo, C.; PIERVITTORI, R.; ROLFO, F.; ROSSETTI, P.; VAGGELLI, G. Fragments of the Western Alpine Chain as Historic Ornamental Stones in Turin (Italy): enhancement of urban geological heritage through geotourism. **Geoheritage**, v.6, n.1, p.41 – 55, Março 2014.

BRILHA, J. B. R. **Patrimônio geológico e geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica**. São Paulo: Palimage Editora, 2005.

BRILHA, J. B. R. Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: a review. **Geoheritage**, Portugal, p.1 – 16, January 2015.

BROTO, C. **Enciclopedia Broto de Patologias de la Construcción**. Barcelona, 2005. Acesso em 19 Dez. 2015.

BROWN, K. S.; MAREAN, C. W.; JACOBS, Z.; SCHOVILLE, B. J.; OESTMO, S.; FISCHER, E. C.; BERNATCHEZ, J.; KARKANAS, P.; MATTHEWS, T. An early and enduring advanced technology originating 71,000 years ago in South Africa. **Nature**, v.491, n.7425, p.590 – 593, 2012.

CALES, G. D.; FERREIRA, G. E. **A Estrada Real e a Transferência da Corte Portuguesa**. 2009.

CHAGAS, M.; CHAGAS, V. **Memória Rupestre ou do Caminho no Meio da Pedra**. Revista Museu, 2004.

CHUNG, H. W.; LAW, K. S. Diagnosing in Situ Concrete by ultrasonic Pulse Technique. **Concrete International**, v.5, n.10, p.42 – 49, 1983.

COSTA, A. G.; CALIXTO, C.; SILVA, M.; BECERRA, J. Rochas ornamentais e de revestimento: estudos a partir do patrimônio construído e de projetos arquitetônicos recentes. In: SIMPÓSIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE, 4, 2003, Fortaleza. **Anais sessões técnicas**. Fortaleza: CETEM, 2003. p. 173-179.

COSTA, A. P. L. **Alterabilidade e caracterização tecnológica dos gnaisses enderbíticos da porção norte do estado do Ceará com aplicação no setor de rochas ornamentais**. 2007. Tese de Doutorado — Universidade Estadual Paulista (UNESP), São Paulo.

CPRM. **Mapa Geodiversidade do Brasil**. [Acessado em 29 de novembro de 2015].

DEBRET, J.-B. **Viagem Pitoresca e História ao Brasil**. São Paulo: Círculo do Livro S.A., 1839. v.1.

DIAS, V. **Noel Rosa em Vila Isabel**. 2010 [Acesso em 12 Dez. 2015].

FONSECA, M. H. A. **Estabelecimento de critérios e parâmetros para a valoração do patrimônio geológico português: aplicação prática ao patrimônio geológico do parque nacional de sintra-cascais**. 2009. Dissertação de Mestrado — Universidade Nova de Lisboa, Portugal. 165p.

FRASCÁ, M. H. B. de O. Qualificação de rochas ornamentais e para o revestimento de edificações: caracterização tecnológica e ensaios de alterabilidade. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ROCHAS ORNAMENTAIS, 1.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE, 2., 2001, SALVADOR, Rio de Janeiro: MCT/CETEM. **Anais**, 2002. p.128 – 135.

FRASCÁ, M. H. B. de O. **Estudos experimentais de alteração acelerada em rochas graníticas para revestimento**. 2003. Tese de Doutorado — USP, São Paulo. 282p.

FRAZÃO, E. B. **Tecnologia de rochas na construção civil**. São Paulo: ABGE: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2002. 132p.

FRAZÃO, E. B.; FARJALLAT, J. E. S. Características tecnológicas das principais rochas silicáticas brasileiras usadas como pedras de revestimento. **I Congresso Internacional da Pedra Natural**, Lisboa, p.47 – 58, 1995.

GRAY, M. **Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature**. Second Edition, 2004.

GROSSI, D.; DEL LAMA, E. A. Mapeamento das formas de intemperismo do Monumento a Ramos de Azevedo. **Revista CPC**, São Paulo, n.14, p.169 – 187, Maio 2012.

HENRIQUES, M. H.; REIS, R. P. dos; BRILHA, J.; MOTA, T. Geoconservation as an Emerging Geoscience. **Geoheritage**, Portugal, v.3, p.117 – 128, Abril 2011.

ICOMOS. **Illustrated glossary on stone deterioration patterns/Glossaire illustrés ur les formes d’altération de lapierre**. Champigni/Marne, França, 2008.

JESUS, E. F. R. de. A Importância do Estudo das Chuvas Ácidas no Contexto da Abordagem Climatológica. **Sitientibus**. Feira de Santana, n.14, p.143-153, 1996.

JOURDAN, P. **Caracterização do Regime de Ventos Próximo à Superfície na Região Metropolitana do Rio de Janeiro**. 2007. Monografia — Universidade Federal do Rio de Janeiro. (Rio de Janeiro).

LICCARDO, A.; PIEKARZ, G.; SALAMUNI, E. **Geoturismo em Curitiba**. MINEROPAR, 2008

MANSUR, K. L. **Diretrizes para Geoconservação do Patrimônio Geológico do Estado do Rio de Janeiro: o caso do Domínio Tectônico Cabo Frio**. 2010. Tese de Doutorado — Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 214p.

MANSUR, K. L.; CARVALHO, I. S.; DELPHIM, C. F. M.; BARROSO, E. V. O Gnaiss Facoidal: a mais carioca das rochas. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro, v.31 - 2, p.9 – 22, Setembro 2008.

MELLO MORAES, A. J. de. **Chronica Geral do Brasil**. B.L. Garnier, 1886.

Ministério da Ciência e Tecnologia: Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica. **Rochas Ornamentais**. Brasília, 2007.

NASCIMENTO, M.; AZEVEDO, U. R.; MANTESSO-NETO, V. **Geodiversidade, geoconservação e geoturismo: trinômio importante para a conservação do patrimônio geológico**. Rio de Janeiro: SBGeo, 2008.

OLIVEIRA LIMA, M. de. **Dom Joao VI no Brazil, 1808-1821**. Typ. do Jornal do commercio, 1908. v.1. 622 p.

PEREIRA, R.G.F. de A. **Geoconservação e desenvolvimento sustentável na Chapada Diamantina (Bahia-Brasil)**. 2010. 317p. Tese de Doutorado em Ciências - Geologia. Universidade do Minho. Portugal, 2010.

PIMENTA, J. G. **Pavimento urbano: adequação ao uso. reflexões a propósito do espaço público no contexto do centro histórico de Lisboa**. 2008. Dissertação de Mestrado — Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa. 138 p.

PROCEQ. **Equotip 3 Portable Hardness Tester Operating Instructions**. Proceq, 2007. Acesso em 28 Jan. 2016.

PROCEQ. **PUNDIT Operating Instructions**. Switzerland, 2014.

RIBEIRO, R. C. da C.; QUEIRÓZ, J; AVELAR, G.; RICARDO, A. M. **Avaliação da Deterioração de Rochas Ornamentais em Prédios Históricos do Centro da Cidade do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: CETEM, 2014.

RICARDO, A. M. **Uma rocha e um palácio: características e alterabilidade do gnaiss facoidal no Paço imperial do Rio de Janeiro**. 2015. Dissertação de Mestrado — Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

RIECK, F. E. **Patologias e condições de conservação dos bens integrados pétreos de monumentos históricos religiosos de Jaboatão e Recife**. 2011. Dissertação de Mestrado — Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco.

RODRIGUES, D. S.; SILVA, F. G.; FORTES, F. F.; SEGATO, M. C.; PEREIRA, C. A. Escola de Cantaria de Ouro Preto: pesquisa, oficina e preservação patrimonial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA, 2., Belo Horizonte. **Anais**. 2004. p.1 – 7.

ROSE, L. **Vila Isabel de rua em rua**. Rio de Janeiro: Editora Rio, 2005. 212 p.

SANTOS, M. T. C. C. dos. **Estudo de Caracterização e Alterabilidade das Pedras Portuguesas do Calçadão de Copacabana**. Centro de Tecnologia Mineral: Centro de Tecnologia Mineral, 2014.

SHARPLES, C. **Concepts and principles of geoconservation**. Tasmanian Parks & Wildlife Service, 2002. [Acessado em 29 de novembro de 2015].

SILVA, A. L. C. da; SILVA, M. A. M. da. Produtos do Intemperismo e Avaliação do Nível de Deterioração em Rochas Ornamentais de Construções e Monumentos Históricos na Cidade de Niterói (Brasil). **14 Encuentro de Geógrafos de América Latina**, Lima, v.1, p.1 – 12, Abril 2013.

SILVA TELLES, A. C. da. **Rio de Janeiro em seus 400 anos**. Rio de Janeiro: Editora Record, 1965.

SOUZA, T. M. K. de; OTTONI, A. B. Análise crítica das causas e soluções sustentáveis para o controle de enchentes urbanas: o caso prático da bacia hidrográfica da praça da bandeira (estudo de caso). **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v.03, n.17, p.60 – 76, 2015.

TOLENTINO, A.; BENIGNA, B.; LONDRES, C.; FELIX, E. C.; OLIVEIRA, F. R.; TABOSA, F. Q.; SEABRA, H. C.; APOLINÁRIO, J. R.; MEDEIROS, K. R. B. de; MÉLO, L. G. D. de; CABRAL, M.; FILHA, M. B. M.; TEIXEIRA, M. da .P; LIMEIRA, M. D.; LIMA, S. B. de M.; SANTANA, S. V. F. de; SCIFONI, S.; FLORÊNCIO, S. R. **Educação patrimonial: reflexões e práticas**. Iphan/Casa do Patrimônio de João Pessoa. 104 p. 2012

VALERIANO, C. de M. **A Odisséia do Pão de Açúcar - As rochas contam sua história**. Projeto Caminhos Geológicos, 2006. [Online]. [Capturado em 28 de novembro de 2015].

VALERIANO, C. de M.; HEILBRON, M.; NASCIMENTO, V.; MANSUR, K. L. **A Geologia do morro do Corcovado**. Projeto Caminhos Geológicos, 2007a. [Online]. [Capturado em 28 de novembro de 2015].

VALERIANO, C. de M.; HEILBRON, M.; NASCIMENTO, V.; MANSUR, K. L. **De braços abertos para a geologia**. Projeto Caminhos Geológicos. DRM-RJ, 2007b. [Online]. [Capturado em 28 de novembro de 2015].

VALERIANO, C. de M.; JUNIOR, R. P.; ALMEIDA, J.; SILVA, L. G. E.; DUARTE, B.; SCHMITT, R.; VALLADARES, C.; NOGUEIRA, J. R.; RAGATKY, C. D.; GERALDES, M.; VALENTE, S.; MANSUR, K. L.; GONTIJO, A.; CORVAL, A.; DUTRA, T.; VALENÇA, J.; ESTEVES, A.; PALERMO, N.; PEREIRA, R. M.; GUIMARÃES, P. V.; DA SILVA, F. de L. AMARAL, C. P. do; TUPINAMBÁ, M.; HEILBRON, M. **Geologia e recursos minerais da folha Baía de Guanabara SF.23-Z-B-IV, estado do Rio de Janeiro escala 1:100.000**. Rio de Janeiro, 2012.

VIDAL, F. W. H.; CARRISSO, R. C. C.; FERNANDES, T. W. G. **Avaliação comparativa de granitos ornamentais do nordeste e sudeste através das suas características tecnológicas**. p.54 – 63. 2005

VIDAL, F. W. H.; CASTRO, N. F.; HÉLIO, C. A. A. **Tecnologia de Rochas Ornamentais: Pesquisa Lavra e Beneficiamento**. 2014.

ZIVICA, V.; BAJZA, A. Acidic attack of cement based materials; a review; part 1: principles of acidic attack. **Construction and Building Materials**, v.15, p.331 – 340, 2001.

APÊNDICE A – Análise química das águas de lavagem dos monumentos

Análise Química da Água de Lavagem (mg/L)													
Pontos	Fe	Zn	Ca	Cr	Na	K	Al	Si	Mn	Mg	S	Cl	SO ₄
Monumento de Noel Rosa	1	0.001	0.002	6.00	0.001	2.40	0.04	11.30	0.002	0.54	1.60	2.10	5.30
	3	0.02	0.02	7.40	0.001	1.50	0.07	11.10	0.01	0.46	3.10	2.90	9.00
	5	0.00	0.002	2.80	0.001	2.00	0.13	11.10	0.002	0.19	2.40	2.30	6.60
	7	0.22	0.002	4.80	0.001	2.90	0.41	9.70	0.002	0.47	3.00	3.80	9.10
Basilica Nossa Senhora de Lourdes	1	0.16	0.21	15.40	0.001	6.60	0.54	8.10	0.10	1.30	12.20	12.00	33.40
	3	0.05	0.04	7.60	0.001	4.00	0.39	7.30	0.002	0.94	4.60	6.20	12.70
	4	0.16	0.13	5.40	0.001	5.80	1.70	7.10	0.002	0.58	1.60	16.20	5.10
	6	0.04	0.21	17.90	0.001	9.30	8.30	7.10	0.07	4.30	6.10	21.00	14.20
Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda	1	0.00	0.49	5.10	0.001	4.70	1.20	6.20	0.002	0.57	1.40	15.00	4.80
	2	0.05	0.79	4.60	0.001	4.30	0.91	5.90	0.002	0.39	0.74	14.00	2.90
	5	0.18	0.42	4.20	0.001	4.30	0.64	5.60	0.002	0.33	5.60	14.40	1.40
6	0.24	0.55	6.10	0.001	5.20	1.60	1.80	6.80	0.002	0.72	1.40	15.00	4.70

APÊNDICE B – Resultados das medições de FRX

		Composição Química (%)															
Pontos	SiO ₂	Ca	Cr	Ti	Mn	Fe	Rb	Zn	Zr	Sr	Pb	Bi	Ce	U	Hg	Ag	Cu
Monumento de Noel Rosa	1	51,7	0,94	0,04	0,1	0,03	1,07	0,02	0,00	0,02	0,01	0,01	0,08	0,01	0,00	0,00	0,00
	3	35,1	0,60	0,04	0,06	0,02	0,92	0,02	0,00	0,02	0,01	0,01	0,07	0,01	0,01	0,00	0,00
	5	50,9	0,71	0,03	0,06	0,02	1,01	0,02	0,00	0,02	0,01	0,01	0,09	0,01	0,00	0,00	0,00
	7	26,4	0,64	0,05	0,02	0,02	1,15	0,02	0,00	0,02	0,01	0,01	0,08	0,01	0,00	0,00	0,00
Basílica Nossa Senhora de Lourdes	1	25,60	1,52	0,07	0,00	0,02	0,61	0,01	0,00	0,01	0,02	0,01	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00
	3	27,50	0,44	0,09	0,00	0,02	0,28	0,02	0,00	0,00	0,02	0,01	0,07	0,01	0,00	0,00	0,00
	4	45,30	0,73	0,08	0,00	0,02	0,66	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,08	0,01	0,00	0,00	0,00
	6	49,70	1,09	0,06	0,00	0,02	0,51	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00
Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda	1	15,60	1,30	0,07	1,78	0,02	1,85	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,07	0,01	0,00	0,01	0,04
	2	44,50	0,71	0,08	0,17	0,02	1,61	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,07	0,01	0,00	0,00	0,00
	3	0,82	1,10	0,00	6,62	0,02	1,53	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00
	4	15,40	1,10	0,00	0,03	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00
	5	0,82	0,71	0,08	0,13	0,04	2,19	0,01	0,04	0,02	0,01	0,01	0,07	0,01	0,00	0,00	0,00
	6	19,60	2,06	0,06	0,00	0,02	0,68	0,00	0,01	0,02	0,02	0,01	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00